

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

LA LUTTE CONTRE LE PALUDISME AU BURKINA FASO : PRIVILÉGIER
UNE APPROCHE ÉCOSANTÉ

MÉMOIRE PRÉSENTÉ COMME EXIGENCE PARTIELLE DE LA MAÎTRISE
EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

PAR
OUSMANE KEDRÉ

JUIN 2016

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs (SDU-522 - Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que « conformément à l'article 11 du Règlement n° 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire. »

REMERCIEMENT

Je tiens à remercier ma famille, mes familles proches et lointaines pour TOUT l'effort multiforme consenti depuis ma naissance. Je profite de l'aboutissement de ce travail, pour du fond du cœur remercier tous ces milliers de secours anonymes depuis que l'enfant arpentait les pistes sinueuses du village pour se rendre à l'école.

Je tiens à remercier tout particulièrement Louise Vandelac, professeure titulaire à l'Institut des Sciences de l'Environnement (ISE) et au département de Sociologie de l'Université du Québec à Montréal (UQAM), qui a assumé la direction de ce mémoire. Je la remercie pour sa confiance ainsi que pour son solide appui pédagogique qui m'a notamment permis de découvrir l'approche écosanté et ses potentialités pour atténuer et résoudre certains problèmes de santé publique. En outre, la problématique de ce mémoire est largement le fruit de sa critique constructive. Elle m'a également apporté un précieux support financier à partir de ses fonds personnels de recherche, en plus de m'avoir embauché sur un projet de recherche des IRSC¹ (Instituts de Recherche en Santé du Canada) sur les politiques publiques et les perturbateurs endocriniens. Cette contribution m'a permis d'avoir une première expérience de recherche et d'obtenir la « Bourse d'excellence à la maîtrise de la Faculté des Sciences », faculté que je tiens aussi à remercier.

Je tiens également à remercier Valéry Ridde, professeur agrégé à l'École de santé publique de l'Université de Montréal (UdeM) et Gina Thésée, professeure agrégée au département de Didactique de l'Université du Québec à Montréal (UQAM) pour leurs précieux apports dans la critique constructive de ce mémoire.

Je n'oublie pas mes nombreux amis et connaissances d'ici et d'ailleurs, proches et lointains pour les nombreux et divers coups de pouce.

¹ Parent L., Vaillancourt, C., Vandelac, L., Fournier, M. *et al.* *Exposition aux perturbateurs endocriniens contenus dans les produits d'usage courant et effets sur la santé reproductive. Une revue systématique*, Synthèse des connaissances, 2014-2015.

DÉDICACE

Aux victimes du paludisme partout dans le monde et au Burkina Faso,
À mon père décédé avant l'aboutissement de mon processus d'immigration,
À la grande famille KEDRÉ à Kontambossé.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENT	ii
DÉDICACE	iii
TABLE DES MATIÈRES	iv
LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES TABLEAUX.....	viii
LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES	ix
RÉSUMÉ	x
INTRODUCTION	11
CHAPITRE I	
PROBLÉMATIQUE.....	13
CHAPITRE II	
NATURE ET CARACTÉRISTIQUES DU PALUDISME.....	20
2.1. Les vecteurs du paludisme	20
2.1.1. Biologie des vecteurs du paludisme.....	20
2.1.2. L'écologie et les comportements des vecteurs du paludisme	22
2.2. Les parasites du paludisme.....	24
2.2.1. Déroulement du cycle asexué du parasite chez l'humain.....	25
2.2.1.1. La phase hépatique	25
2.2.1.2. La phase érythrocytaire	26
2.2.2. Déroulement du cycle sexué du parasite chez l'anophèle femelle	27
2.3. Le paludisme et le climat	28
2.3.1. Paludisme et température	29
2.3.2. Paludisme et pluviométrie.....	30
2.3.3. Paludisme et autres facteurs climatiques	31
CHAPITRE III	
ORIENTATIONS THÉORIQUES ET MÉTHODOLOGIQUES	32

3.1.	Objet et justification de la recherche	32
3.2.	Objectifs de la recherche	33
3.3.	Question de recherche et hypothèses de recherche	34
3.4.	Orientations théoriques	34
3.5.	Orientations méthodologiques.....	39
CHAPITRE IV		
PALUDISME AU BURKINA FASO		40
4.1.	Présentation du Burkina Faso.....	40
4.1.1.	Les déterminants du milieu physique	41
4.1.2.	Les déterminants du milieu humain.....	43
4.2.	Ampleur du paludisme au Burkina Faso	45
4.3.	Répartition du paludisme au Burkina Faso	47
4.3.1.	Le faciès équatorial	48
4.3.2.	Le faciès tropical	48
4.3.3.	Le faciès sahélien	49
4.3.4.	Le faciès urbain.....	49
4.3.5.	Le faciès des zones d'aménagements hydroagricoles.....	50
4.4.	Diagnostic et traitement du paludisme	50
4.5.	Les déterminants de santé de la transmission du paludisme	51
4.5.1.	Les caractéristiques individuelles	52
4.5.2.	Les milieux de vie	53
4.5.3.	Les systèmes	53
4.5.4.	Le contexte global.....	54
4.6.	Politique mondiale de lutte contre le paludisme	55
4.7.	La stratégie nationale de lutte contre le paludisme	60
CHAPITRE V		
LA LUTTE ANTIPALUDIQUE : BÉNÉFICES ET RISQUES DES STRATÉGIES		
CHIMIQUES PRIVILEGIÉES.....		62
5.1.	Résultats et bénéfices des stratégies de lutte chimique	62

5.2. Risques inhérents des interventions centrées sur l'usage des insecticides...	65
5.2.1. Les risques et les impacts sur la santé humaine des pyréthrinoïdes	68
5.2.2. Les risques et les impacts sur l'environnement des pyréthrinoïdes	70
CHAPITRE VI	
INTERVENTIONS CENTRÉES SUR UNE APPROCHE ÉCOSANTÉ.....	73
6.1. La gestion environnementale contre les vecteurs.....	74
6.1.1. Les modifications environnementales.....	75
6.1.2. Les interventions dans l'environnement	76
6.1.3. Les stratégies de protection individuelle.....	78
6.1.4. Les pièges.....	79
6.2. La lutte biologique	80
6.3. Commentaires.....	82
CONCLUSION.....	85
APPENDICE A.....	88
BIBLIOGRAPHIE.....	89

LISTE DES FIGURES

FIGURE		PAGE
2.1	Cycle de développement du moustique	22
2.2	Cycle de développement du parasite chez le vecteur et chez l'humain	28
4.1	Carte du Burkina Faso avec les pays limitrophes et les zones climatiques	41
4.2	Évolution de la prévalence du paludisme au Burkina Faso de 2004 à 2013	46
4.3	Évolution des décès dus au paludisme grave au Burkina Faso de 2004 à 2013	47
6.1	Exemple de piège à entonnoir	80

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU	PAGE
1.1 Évolution des cas confirmés de paludisme et des décès associés déclarés à l'OMS par le Burkina Faso de 2005 à 2014	19
4.1 Évolution de la quantité en tonnage des pesticides utilisés dans la lutte contre le paludisme dans le monde de 2000 à 2009	58
4.2 Évolution de la quantité en tonnage des pesticides utilisés dans la lutte contre le paludisme dans la région Afrique de 2000 à 2009	59
4.3 Évolution de la quantité moyenne annuelle en tonnage de pesticides utilisés dans la lutte contre le paludisme dans la région Afrique par méthode de 2000 à 2009	59

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

ASC	Agent de santé communautaire
CINBIOSE	Centre de recherche interdisciplinaire sur le bien-être, la santé, la société et l'environnement de l'UQAM
INSD	Institut national de la statistique et de la démographie du Burkina Faso
MII	Moustiquaire imprégnée d'insecticide
MECV	Ministère de l'environnement et du cadre de vie du Burkina Faso
MEF	Ministère de l'économie et des finances du Burkina Faso
MS	Ministère de la santé du Burkina Faso
OMS/WHO	Organisation mondiale de la santé/World health organisation
PID	Pulvérisation intra domiciliaire
PNLP	Programme national de lutte contre le paludisme

RÉSUMÉ

Au Burkina Faso, le paludisme représentait en 2013, dans les structures de santé 54 % des consultations, 63 % des hospitalisations et 50 % des décès. L'impact majeur du paludisme sur la morbidité et la mortalité ainsi que sur l'économie justifie les multiples efforts entrepris au niveau national et au niveau international. Cependant, bien que les interventions actuelles offrent du répit aux bénéficiaires, elles sont très préoccupantes aux plans de l'écologie et de la santé humaine. Pour atteindre les objectifs mondiaux d'élimination de l'endémie, le Partenariat Roll Back Malaria préconise en effet une utilisation accrue des insecticides pour l'imprégnation des moustiquaires et la pulvérisation intra domiciliaire. Or, comme en témoigne la vaste revue de littérature, sur laquelle s'appuie ce mémoire, les effets délétères de l'exposition aux pyréthrinoïdes pour la santé humaine et l'environnement sont préoccupants tant en termes de troubles de la fonction endocrinienne, de divers syndromes de neurotoxicité chez l'humain et chez les animaux et d'effets toxiques affectant les abeilles et certains organismes aquatiques. Dans ce contexte évolutif, notre analyse des méthodes de lutte permettant de réduire le fardeau de la maladie sans utiliser de substances chimiques, dans le cadre de ce mémoire en sciences de l'environnement, a pour objectif de mettre en évidence l'approche écosanté centrée sur une gestion environnementale telle que l'assèchement des eaux stagnantes, le curage des caniveaux, l'assainissement du milieu de vie, etc. Ces interventions ciblent en amont les conditions de prolifération des vecteurs de la maladie afin de contribuer à réduire l'endémie. L'approche écosanté favoriserait une forte implication des citoyens dans l'analyse des problématiques et la mise en œuvre des alternatives pour atténuer le paludisme. La décentralisation et la communautarisation des activités de lutte contre la maladie s'avèrent impérieuses.

Mots clés : Burkina Faso, paludisme, pyréthrinoïdes, insecticides, approche écosanté

INTRODUCTION

Le paludisme est une érythrocytopathie due à un hématozoaire du genre *Plasmodium* transmis par un moustique : l'anophèle femelle. La maladie sévit principalement en Afrique subsaharienne et chez les enfants de moins de cinq ans surtout des zones rurales. Le paludisme constitue un problème majeur de santé publique au Burkina Faso et dans de nombreux pays africains. Les facteurs qui contribuent à la forte prévalence du paludisme sont multiples, complexes et intriqués. Ils sont à la fois liés à l'humain et à son organisation (adoption de comportements et de politiques favorables ou non à la santé, statut socioéconomique, organisation du système de santé, etc.), aux vecteurs et aux parasites de la maladie ainsi qu'à l'environnement notamment le climat.

Ces deux dernières décennies, la lutte contre l'endémie bénéficie d'une attention soutenue et les efforts sont bénéfiques selon l'OMS (2015) : baisse du nombre de cas de paludisme estimée à 18 % en 2015 par rapport à l'année 2000 où 262 millions de cas de paludisme avaient été enregistrés et baisse de 48 % des décès associés à la maladie en 2015 par rapport à l'année 2000 où 839 000 personnes perdaient la vie à cause du paludisme. De nouvelles méthodes prophylactiques de lutte contre la maladie, de diagnostic et de traitement de la maladie sont promues et sont accessibles gratuitement aux populations des zones endémiques grâce aux contributions des partenaires techniques et financiers. En outre, les effets bénéfiques de ces interventions en termes de réduction du taux de mortalité ne doivent pas occulter les préoccupations écologiques et sanitaires croissantes subséquentes à la toxicité de certaines substances chimiques employées dans les méthodes prophylactiques de lutte contre cette endémie.

Le premier chapitre de ce mémoire ébauche la problématique traitant de l'ampleur du paludisme dans le monde, en Afrique pour mieux situer ensuite le cas particulier du Burkina Faso et des préoccupations inhérentes aux interventions actuelles de lutte contre la maladie ; qui semblent d'ailleurs justifier la mise en œuvre et/ou l'intégration d'une nouvelle approche afin d'amenuiser le fardeau de la maladie.

Dans la mesure où le paludisme résulte de l'action de certains vecteurs et parasites, nous consacrons le deuxième chapitre à examiner les vecteurs et les parasites de la maladie, éléments essentiels pour mieux comprendre la diffusion de la maladie et les difficultés à la contrôler voire à l'enrayer. Nous examinons notamment la biologie et les comportements des vecteurs, le déroulement des cycles du parasite de la maladie ainsi que des facteurs climatiques qui influent sur la densité des vecteurs et sur la parasitémie de ces vecteurs.

Une fois, la problématique du paludisme bien campée et les aspects caractéristiques de sa diffusion mieux cernés, nous consacrons le troisième chapitre aux orientations théoriques et méthodologiques qui sous-tendent cette recherche. On y retrouve l'objet, la justification, les objectifs, la question et les hypothèses de ce mémoire.

Le quatrième chapitre traite de façon spécifique du paludisme au Burkina Faso, ce qui implique une présentation sommaire du pays. L'ampleur de la maladie ainsi que les divers déterminants socioéconomiques, organisationnels, etc. qui l'influencent sont abordés. Nous scruterons ensuite les risques et les bénéfices des interventions de la lutte chimique actuelle contre l'endémie au cinquième chapitre.

C'est sur la base des lacunes et des insuffisances observées dans la lutte contre la maladie que nous proposons au sixième chapitre, certaines interventions alternatives fondées sur l'approche écosanté. En conclusion, ce mémoire expose les éléments essentiels de la recherche, ses limites et les pistes de recherches suscitées.

CHAPITRE I

PROBLÉMATIQUE

Première maladie parasitaire mondiale, le paludisme est une maladie potentiellement mortelle due à des parasites transmis à l'humain par des piqûres de moustiques femelles infectés. Il sévit principalement dans les pays pauvres de la zone tropicale dont le climat reste favorable aux vecteurs et aux parasites de la maladie. En 2015, 97 pays et territoires demeuraient toujours confrontés à une transmission continue du paludisme et quinze pays majoritairement de l'Afrique subsaharienne concentraient à eux seuls, 80 % des cas de paludisme et 78 % des décès associés à la maladie enregistrés au niveau mondial (OMS, 2015). Ces pays sont par ordre d'importance le Nigeria, la République Démocratique du Congo, l'Inde, l'Ouganda, le Mozambique, la Côte d'Ivoire, le Mali, le Ghana, le Burkina Faso, le Kenya, le Cameroun, la Tanzanie, le Niger, l'Indonésie et la Guinée (OMS, 2015).

Malgré le rétrécissement de la zone géographique impaludée subséquent aux multiples et divers efforts de lutte entrepris depuis les années 1960 (OMS, 2015 ; RBM, 2008 ; OMS, 2006), plus de 3,2 milliards d'habitants dans le monde demeurent toujours exposés au risque d'infection de la maladie selon l'OMS (2015), soit près de la moitié de la population mondiale. Le récent rapport mondial sur la maladie fait état de 214 millions de nouveaux cas de paludisme et de 438 000 décès associés enregistrés au cours de l'année 2015 (OMS, 2015). Les pays d'Afrique subsaharienne paient le plus lourd tribut à la maladie. En effet, au cours de l'année 2015, la région Afrique de l'OMS a enregistré 88 % des cas de paludisme et 90 % des décès associés à la maladie dans le monde. La République démocratique du Congo et le Nigeria enregistrent à eux seuls plus de 35 % des décès dus au paludisme dans le monde (OMS, 2015). Dans la région Asie du Sud-Est et dans la région Méditerranée orientale, on a enregistré respectivement 10 % et 2 % des cas mondiaux de paludisme

avec 7 % des décès enregistrés pour la région Asie du Sud-Est et 2 % pour la région Méditerranée orientale (OMS, 2015).

Au plan mondial, l'OMS (2015) souligne une baisse du nombre de nouveaux cas de paludisme estimée à 18 % par rapport à l'année 2000 où 262 millions de cas de paludisme avaient été enregistrés. En outre, la proportion des décès a aussi connu une baisse de 48 % par rapport à l'année 2000 où 839 000 individus perdaient la vie à cause du paludisme (OMS, 2015). Cette baisse de la létalité palustre se constate également chez les enfants de moins de cinq ans : les cas de décès sont passés de 723 000 en 2000 à 306 000 en 2015 avec une baisse plus prononcée chez les enfants africains (OMS, 2015). La grande majorité des décès survenant chez les jeunes enfants africains sont notamment ceux des zones rurales reculées très mal desservies en services de santé.

Le Burkina Faso se positionne au 9^e rang dans la déclaration des cas de paludisme et au 7^e rang dans la déclaration des cas de décès associés à la maladie dans le monde (OMS, 2015). Dans ce pays, le paludisme est endémique et toute la population demeure exposée au risque de contracter la maladie avec des flambées épidémiques à la saison des pluies (Carnevale et Robert, 2009). Les enfants de moins de cinq ans et les femmes enceintes constituent les tranches de la population les plus vulnérables à la maladie (OMS, 2015 ; Carnevale et Robert, 2009).

Si au plan mondial, les cas déclarés de paludisme ainsi que les décès associés à la maladie sont en baisse (OMS, 2015), cela ne semble pas se confirmer au Burkina Faso comme le suggère la lecture du Tableau 1.1. Bien que la fièvre ne soit pas spécifique au paludisme, elle demeure le signe majeur et un signe d'alerte de la maladie au Burkina Faso et dans le monde (MS, 2007b ; 2011b ; OMS, 2006). Si bien que les professionnels de la santé ainsi que les parents d'enfants pensent au paludisme dès l'apparition de la fièvre. Dans cette veine, l'Enquête sur les Indicateurs du

Paludisme au Burkina Faso (EIPBF) relève qu'environ quatre enfants sur dix (soit 40 %) avaient eu de la fièvre au cours des deux semaines ayant précédé l'enquête (INSD, PNLP et ICF International, 2015) alors que cette proportion n'était que de 20 % soit environ un enfant de moins de cinq ans sur cinq au cours de l'Enquête démographique, de santé et à indicateurs multiples réalisée en 2010 (INSD et ICF International, 2012). Selon toujours cette enquête de 2014, la fièvre demeure le signe le mieux connu des femmes enquêtées soit environ de 80 % des interviewées (INSD, PNLP et ICF International, 2015).

Parmi la proportion d'enfants de moins de cinq ans soumise à l'enquête et ayant présenté un épisode fébrile au cours des deux semaines précédant l'enquête, 61 % de ces enfants ont bénéficié des conseils ou d'un traitement d'un prestataire de soins de santé ou dans un établissement de santé (INSD, PNLP et ICF International, 2015). Ce recours aux soins se traduit par une notification importante des cas de paludisme de la part des structures de santé du pays. En effet, l'examen des annuaires statistiques du Ministère de la santé du Burkina Faso (MS) de 2004 à 2013 (MS, 2005 à 2014) qui compilent les diverses données relatives à l'état de santé de la population, collectées auprès des structures de santé dont celles issues du Programme National de Lutte contre le Paludisme (PNLP) laisse entrevoir une hausse continue de la maladie et des décès (Figures 4.2 et 4.3).

Les données des deux enquêtes suscitées indiquent une régression de la proportion des individus porteurs de parasites : 66 % en 2010 (INSD et ICF International, 2012) contre 46 % en 2015 (INSD, PNLP et ICF International, 2015). De plus, elles indiquent que les résultats positifs au Test de Diagnostic Rapide (TDR) pour dépister le paludisme sont passés de 76 % à 61 %. Cependant les données statistiques de

l'OMS² relatives au nombre de cas de paludisme au Burkina Faso de 2005 à 2014 montre une hausse continue et très marquée de l'augmentation du nombre de nouveaux cas de la maladie confirmés par un test de dépistage (Tableau 1.1).

Comment comprendre ces données en regard des efforts de lutte intensifs (OMS, 2015 ; INSD, PNLP et ICF International, 2015 ; RBM, 2008) entrepris tant aux niveaux mondial, régional et national. La lutte contre le paludisme bénéficie d'une attention et d'un financement soutenu depuis la création du Partenariat Roll Back Malaria (RBM) en 1998 par l'OMS, la Banque Mondiale, l'UNICEF, le PNUD et leurs partenaires afin de coordonner l'ensemble des efforts de lutte contre la maladie (OMS, 2015 ; RBM, 2008). Ce nouvel effort s'est traduit par : la distribution massive et gratuite de Moustiquaires Imprégnées d'Insecticides (MII) dans tous les pays endémiques dont le Burkina Faso ; la Pulvérisation Intra Domiciliaire (PID) à l'aide d'insecticides à effet rémanent ; le traitement préventif intermittent (TPI) chez la femme enceinte et la chimio prévention du paludisme saisonnier. Le traitement curatif se résume au diagnostic précoce (clinique et complémentaire à l'aide des TDR) et à l'administration rapide d'antipaludiques efficaces (OMS, 2015 ; MS, 2011b ; RBM, 2008).

Au Burkina Faso, la PID est utilisée uniquement pour écourter la durée des épidémies et est très peu utilisée soit dans environ 0,4 % des ménages enquêtés (INSD, PNLP et ICF International, 2015). Cette proportion n'inclut pas l'utilisation individuelle des aérosols insectifuges en vente libre dont on ignore l'importance. L'enquête de 2014 estime la proportion des ménages ayant accès à une MII à 71 % et la proportion de la population ayant dormi sous une MII la nuit précédant l'enquête à 67 % (INSD, PNLP et ICF International, 2015). La différence entre la proportion d'accessibilité aux MII et celle de l'utilisation des MII laisse donc entrevoir la persistance de

² OMS [s.d.] : Multipurpose table in CSV format. Récupéré de <http://apps.who.int/gho/data/node.country.country-BFA>

comportements non favorables à la lutte contre la maladie. Bien que la proportion d'accessibilité et d'utilisation des MII soit en hausse par rapport à l'enquête de 2010 où seulement 56 % des ménages possédaient une MII et 53 % des enfants de moins de cinq ans et des femmes enceintes avaient dormi sous une MII la nuit ayant précédé l'enquête (INSD et ICF International, 2012), les nouveaux cas de paludisme notifiés demeurent en très forte hausse (Tableau 1.1 ; MS, 2005 à 2014). En outre, les interventions actuellement promues soulèvent également plusieurs préoccupations.

Plusieurs de ces substances chimiques utilisées pour tenter de diminuer le fardeau du paludisme sont des polluants organiques persistants (POPs)³ reconnus : le DDT, la Dieldrine, etc. En outre, ces substances chimiques sont rémanentes ou persistantes et se dégradent très lentement dans l'environnement, souvent sur plusieurs décennies et affectent toute la chaîne trophique (PAN Germany, 2010). Elles sont bioaccumulables et peuvent donc s'accumuler dans les organismes vivants notamment dans les tissus adipeux. Par ailleurs, elles peuvent se propager sur des distances éloignées de leurs sources de rejet. L'exposition à ces substances chimiques est susceptible de provoquer des effets nocifs immédiats ou à long terme (PAN Germany, 2010).

Les substances chimiques sont très préoccupantes en raison de leurs propriétés et présentent des risques connus ou pour d'autres, présumés, pour la santé humaine et/ou l'environnement. Carson (1962) est l'une des toutes premières personnes à avoir attiré l'attention de la communauté internationale sur les effets néfastes du DDT sur la santé humaine et sur l'environnement. La notion de perturbation endocrinienne mise en évidence par les travaux de Colborn *et al.* (1996) fait état des troubles hormonaux causés par le dérèglement de la fonction endocrinienne subséquent à l'exposition à certaines substances chimiques spécifiques. Aujourd'hui, nombreux sont les scientifiques qui abondent dans ce sens et de très nombreuses études font état

³ UNEP (2011). Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs). Récupéré de <http://chm.pops.int/Convention/ConventionText/tabid/2232/Default.aspx>

de la toxicité de ces insecticides : DDT, pyréthriinoïdes, etc. (Moser *et al.*, 2012 ; Mangochi, 2010 ; Eskenazi *et al.*, 2009 ; Meeker *et al.*, 2008 ; Ngoula *et al.*, 2007).

L'utilisation croissante de certains insecticides dans la lutte contre les vecteurs du paludisme entraîne une résistance accrue de ces derniers (Ranson *et al.*, 2011). En Côte d'Ivoire par exemple, Koffi *et al.* (2013) constatent qu'*Anopheles gambiae* est devenu résistant aux insecticides organochlorés, aux pyréthriinoïdes et aux carbamates alors qu'ils étaient autrefois résistants seulement à la Dieldrine et au Fipronil. Des cas de résistance d'*Anopheles gambiae* au DDT et aux pyréthriinoïdes ont été également notés au Burkina Faso (Dabiré *et al.*, 2009) et dans l'ensemble de la sous-région (Ranson *et al.*, 2011 ; Chouaïbou *et al.*, 2008).

Aux résultats mitigés de la lutte contre l'endémie au Burkina Faso et à la résistance des vecteurs à certains insecticides, s'ajoute la dépendance quasi totale du PNLP par rapport aux financements internationaux. En effet, le PNLP (MS, 2011b) estime que de 2006 à 2010, la lutte contre le paludisme a mobilisé environ 99,5 millions de dollars américains dont seulement 2,20 % provenaient de l'État burkinabè. Or 94 % des 99,5 millions de dollars américains ont été consacrés à l'acquisition des MII et autres intrants (MS, 2011b). Ces aides servent donc en fait surtout à acheter des insecticides et des matériaux aux pays qui financent ces aides. En outre, le financement presque total des activités de lutte contre le paludisme par des partenaires techniques et financiers extérieurs dépend de l'état de l'économie mondiale et donc de ses fluctuations. La difficulté des partenaires financiers à tenir leurs engagements exposerait alors les populations à des risques élevés puisque la baisse et/ou la perte de l'immunité acquise exposent davantage ces populations à contracter la maladie.

Tableau 1.1

Cas confirmés de paludisme (simple et grave) et des décès associés déclarés à l'OMS par le Burkina Faso de 2005 à 2014

Année	Nombre de cas confirmés de paludisme	Nombre de décès rapportés
2014	5 428 655	5 632
2013	3 769 051	6 294
2012	3 858 046	7 963
2011	428 113	7 001
2010	804 539	9 024
2009	182 527	7 982
2008	36 514	7 834
2007	44 246	6 472
2006	44 265	8 083
2005	21 335	5 224

Source : OMS [s.d.] : Multipurpose table in CSV format. Récupéré de <http://apps.who.int/gho/data/node.country.country-BFA>

Bien qu'elles offrent un certain répit aux populations des zones endémiques selon l'OMS (2015), les interventions prophylactiques actuellement déployées pour tenter d'amenuiser le fardeau de la maladie ne favorisent pas l'autonomisation des populations et utilisent de substances chimiques de façon accrue dont les effets sont nuisibles pour la santé humaine et pour l'environnement. Pour le Burkina Faso, l'examen de l'épidémiologie de la maladie ainsi que des facteurs qui la sous-tendent laissent suggérer la mise œuvre et/ou l'intégration d'autres interventions alternatives, ce sur quoi se penche ce mémoire.

CHAPITRE II

NATURE ET CARACTÉRISTIQUES DU PALUDISME

2.1. Les vecteurs du paludisme

Environ 500 espèces d'anophèles sont identifiées (Harbach, 2004). Parmi elles, seule une soixantaine d'espèces sont capables de transmettre le paludisme dont 30 espèces seraient de bons vecteurs selon Carnevale et Robert (2009). En Afrique subsaharienne, on dénombre près de 150 espèces d'anophèles dont une douzaine sont d'excellents vecteurs voire les meilleurs au monde (Carnevale et Robert, 2009). Au Burkina Faso, les principaux vecteurs du paludisme sont : *Anopheles gambiae s.l.* et *Anopheles funestus* (Ministère de la Santé (MS), 2007b). Riehle *et al.* (2011) admettent l'existence d'un autre vecteur : *Anopheles gambiae goundry*, qui au cours des dernières années tend à surclasser les deux premiers dans la notification des cas de paludisme au pays.

2.1.1. Biologie des vecteurs du paludisme

Le cycle de vie de l'anophèle varie selon les espèces et comporte deux phases : aquatique et aérienne (Figure 2.1) (Carnevale et Robert, 2009).

La phase aquatique ou pré imaginaire dure d'une à trois semaines en zone tropicale. Elle peut atteindre plusieurs semaines ou plusieurs mois en zones tempérées à cause de l'hibernation de certaines espèces (Simsek, 2006, cité dans Carnevale et Robert, 2009). Cette phase commence avec la ponte des œufs (50 à 300 unités) par la femelle gravide jusqu'au stade de nymphe suite à quatre stades larvaires ponctués de trois mutations. L'éclosion des œufs survient de 24 à 48 heures après la ponte. La durée des stades ovulaires est fortement influencée par les conditions du gîte de ponte telles

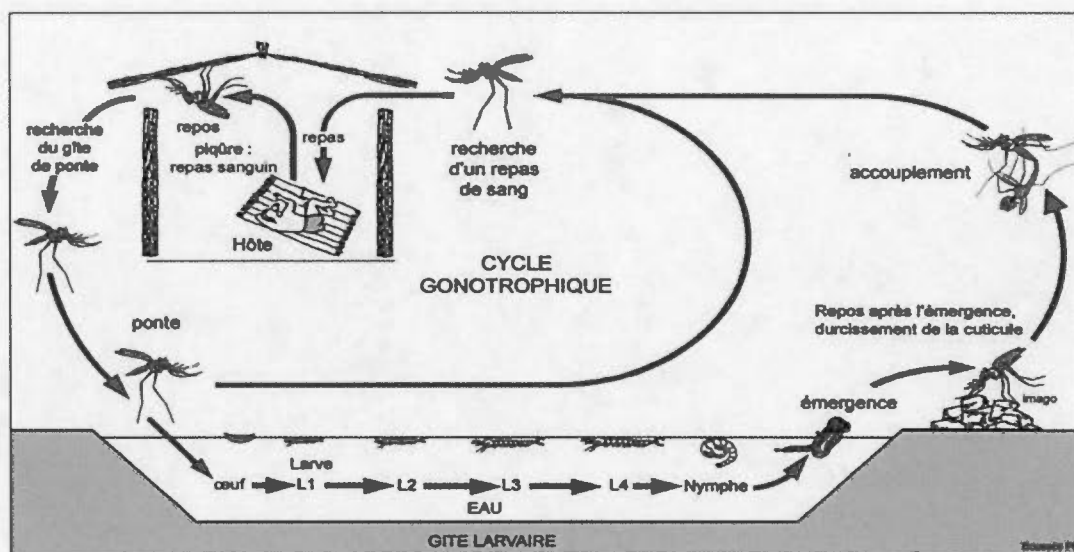
que la température, le pH de l'eau, la nature et l'abondance de la végétation aquatique ainsi que celles de la faune associée.

La phase aérienne ou imaginale concerne les anophèles adultes. La durée de vie des moustiques adultes va de trois à quatre semaines en Afrique subsaharienne et jusqu'à six semaines (voire six mois) en Europe septentrionale (Carnevale et Robert, 2009). Les anophèles adultes se nourrissent de jus de plantes et d'autres sécrétions végétales. La femelle s'accouple en général une seule fois dans sa vie et le mâle meurt peu de temps après l'accouplement. Le surplus de spermatozoïdes est gardé en réserve dans la spermathèque de la femelle pour de futures fécondations (Carnevale et Robert, 2009).

En outre, la vie de l'anophèle femelle se caractérise par un autre cycle dit gonotrophique (Carnevale et Robert, 2009). Ce cycle comprend la recherche de l'hôte vertébré homéotherme (humain ou animal) pour ses repas sanguins, d'un site de repos post prandial et d'un gîte de ponte. Ce comportement spécifique à la femelle est responsable de la transmission des parasites de la maladie et rythme la fréquence des contacts hôte vecteur. En effet, c'est au cours de cette quête de repas sanguins nécessaires à la maturation ovarienne que l'anophèle femelle ingère et/ou inocule le parasite à sa victime (Carnevale et Robert, 2009).

Tout comme le cycle biologique, la durée du cycle gonotrophique est également dépendante des conditions climatiques d'une part et d'autre part du comportement de l'anophèle et de celui des hôtes. La boucle d'un cycle gonotrophique peut aller de 48 à 72 heures sous les tropiques et à plus d'une semaine en zone tempérée froide (Carnevale et Robert, 2009). Ainsi, en Afrique subsaharienne, cinq à huit cycles gonotrophiques peuvent être complétés pendant la durée de vie de l'anophèle femelle (Op. cit.).

Figure 2.1
Cycle de développement du moustique



Source : Carnevale et Robert, 2009.

2.1.2. L'écologie et les comportements des vecteurs du paludisme

Les anophèles sont présents dans de vastes régions de la planète à l'exception des zones polaires, des îles du Pacifique central et occidental, de quelques îles isolées de l'Atlantique et de l'océan Indien ainsi que des Falkland, du sud du Chili et de l'Argentine, etc. (Carnevale et Robert, 2009). En dépit de la présence des anophèles, la plupart des régions tempérées ne connaissent pas le paludisme, on parle d'anophélisme sans paludisme (Op. cit.).

Dans leur quête de repas sanguin, les anophèles peuvent avoir des préférences : soit pour les animaux, on parle d'anophèles zoophiliques ; soit pour les cibles humaines, on parle d'anophèles anthropophiliques (PAN Germany, 2010). Les anophèles endophagiques se nourrissent à l'intérieur des maisons tandis que les anophèles

exophagiques piquent leurs cibles à l'extérieur des maisons. Après le repas sanguin, certains anophèles demeurent à l'intérieur des maisons pour se reposer et digérer, ils sont appelés anophèles endophiliques tandis que d'autres préfèrent se reposer à l'extérieur des maisons, on les appelle anophèles exophiliques. Ces caractéristiques varient selon les espèces et au sein d'une même espèce en fonction de la zone géographique (Pages *et al.*, 2007). Ces spécificités orientent le choix des mesures prophylactiques tout comme la biologie du vecteur. *Anopheles gambiae s.l.* et *Anopheles funestus* incriminés dans la transmission du paludisme au Burkina Faso sont endophiliques contrairement à *Anopheles gambiae goundry* qui est exophilique (Carnevale et Robert, 2009). Ce qui pourrait d'ailleurs expliquer sa prédominance récente dans les cas de paludisme notifiés car les mesures de lutte actuelles sont essentiellement dirigées contre les vecteurs endophiliques.

L'anophèle femelle gravisse tient compte de plusieurs facteurs pour choisir son site de ponte (Carnevale et Robert, 2009) : les paramètres physico-chimiques et olfactifs, la présence de matières organiques, etc. Le site de ponte est généralement une retenue d'eau douce, non polluée et peu agitée ; faisant des zones rurales ou des périphéries urbaines leur zone de prédilection (Pages *et al.*, 2007.). Les gîtes larvaires peuvent être naturels ou anthropiques⁴ et sont habituellement proches des habitations. Selon Carnevale et Robert (2009), une même espèce peut coloniser différents types de biotopes et un même biotope peut abriter plusieurs espèces d'anophèles. Des cas de présence d'anophèles dans les eaux usées urbaines ont été également mentionnés par Carnevale et Robert (2009).

La plupart des anophèles sous les tropiques parcourent entre un et neuf kilomètres (km) en vol libre avec un rayon moyen de trois km autour du gîte larvaire et ont

⁴ Marais, marécages, lacs, etc. au compte des gîtes naturels et citernes, vieux pneus, caniveaux, puisards, boîtes de conserve, trous de briques, traces de pneus et de sabots d'animaux ou empreintes de pas humains, retenus d'eau, etc. pour les gîtes anthropiques.

tendance à retourner dans les villages et dans les maisons de leurs victimes (Carnevale et Robert, 2009). Les anophèles peuvent également être disséminés par les humains lors de leurs déplacements (route, bateau, avion) et par le vent. Lorsque les conditions extérieures sont défavorables, les anophèles femelles hibernent ou estivent pour réapparaître au moment favorable afin d'assurer la pérennité de leur espèce (Besancenot, 2007).

Les anophèles femelles sont plus actifs du crépuscule au lever du soleil pour la quête des repas sanguins. Dans les zones boisées et ombragées, des cas de piqûres diurnes ont été rapportés (Carnevale et Robert, 2009). Les anophèles femelles sont attirés par le gaz carbonique et par les odeurs corporelles (microflore épidermique, acide lactique, sueur humaine, etc.). Les femmes enceintes seraient plus attractives pour *Anopheles gambiae* (Lindsay *et al.*, 2000) ; de même que les humains porteurs de gamétocytes (Lacroix *et al.*, 2005). Les couleurs bleue, rouge et noire attirent les moustiques tandis que le blanc et le jaune les repoussent (Carnevale et Robert, 2009).

2.2. Les parasites du paludisme

Le parasite du paludisme est un protozoaire unicellulaire du genre *Plasmodium*. Les parasites peuvent déclencher la maladie sous des formes plus ou moins graves (Carnevale et Robert, 2009). Sur les centaines d'espèces dénombrées, trois espèces sont spécifiques à l'humain et une autre espèce infecte à la fois l'humain et les chimpanzés :

- ✓ *Plasmodium falciparum* est la seule espèce capable d'entraîner la mort en cas de maladie. C'est l'espèce qui prédomine au Burkina Faso. Selon le Ministère de la santé (MS, 2007b), elle est responsable de 90 % des cas de paludisme notifiés dans le pays.

- ✓ *Plasmodium malariae* est l'espèce commune aux humains et aux chimpanzés. Elle est responsable d'environ 3 à 8 % des cas de paludisme au Burkina Faso (MS, 2007b).
- ✓ *Plasmodium ovale* est incriminé dans 0,5 à 2 % des cas de paludisme au Burkina Faso (MS, 2007b).
- ✓ *Plasmodium vivax* est très rare en Afrique et au Burkina Faso. Néanmoins Carnevale et Robert (2009) notent qu'il est responsable de près de 40 % des cas de paludisme en Éthiopie et en Érythrée.
- ✓ Vythilingam *et al.* (2006) mentionnent l'existence d'une 5^{ème} espèce plasmodiale dans les cas de paludisme en Asie du Sud-Est : *Plasmodium knowlesi*.

2.2.1. Déroulement du cycle asexué du parasite chez l'humain ou schizogonie (Figure 2.2)

Le repas sanguin complet de l'anophèle femelle dure de trois à quatre minutes si le moustique n'est pas dérangé (Carnevale et Robert, 2009). L'humain et l'anophèle (moustique) constituent respectivement les hôtes intermédiaire et définitif pour l'accomplissement du cycle du *Plasmodium* (Op. cit.). Chez l'humain, on distingue deux phases : hépatique et érythrocytaire selon Carnevale et Robert (2009).

2.2.1.1. La phase hépatique

Au cours de la piqûre, l'anophèle femelle infecté injecte dans un capillaire sanguin de sa victime les parasites de la maladie sous la forme de sporozoïtes contenus dans ses glandes salivaires avant d'ingérer le sang. Entraînés par le flux sanguin, ces

sporozoïtes gagnent le foie en quelques minutes et pénètrent dans les cellules hépatiques pour amorcer leur réplication, à l'issue de laquelle les sporozoïtes deviennent des schizontes. Certains schizontes peuvent rester en quiescence, on les appelle des hypnozoïtes et ils sont à l'origine des rechutes et des réviviscences dans les infections à *Plasmodium vivax* et à *Plasmodium ovale* (Association française des enseignants de parasitologie et mycologie médicales, 2007). Cinq à six jours plus tard, les schizontes éclatent et libèrent dans la circulation sanguine plusieurs dizaines de milliers de mérozoïtes. Cette phase de multiplication asexuée qui a lieu dans le foie est asymptomatique et la durée varie selon les espèces soit de huit à 15 jours selon Carnevale et Robert (2009).

2.2.1.2. La phase érythrocytaire

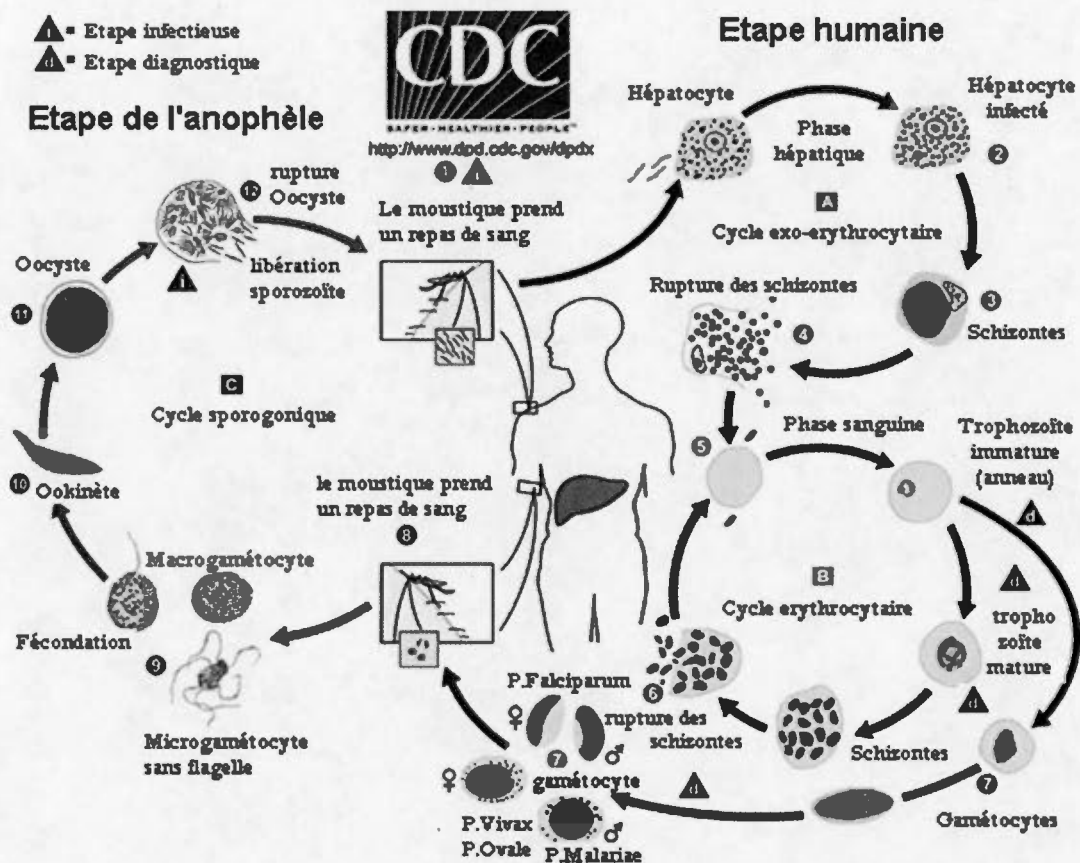
Selon Carnevale et Robert (2009), les mérozoïtes libérés pénètrent dans les globules rouges et s'y multiplient. Cette phase sanguine et asexuée est responsable des symptômes variables de la maladie. Les hématies colonisées éclatent et libèrent à leur tour de nouveaux mérozoïtes dans le sang, qui infectent d'autres globules rouges. Dans les hématies infectées, les mérozoïtes se différencient et deviennent de trophozoïtes matures. L'évolution de ces trophozoïtes aboutit à des schizontes, qui après segmentation libèrent de nouveaux mérozoïtes qui réinfectent les globules rouges sains et le cycle érythrocytaire continue. La lyse des hématies parasitées par les schizontes matures est synchronisée et est responsable des accès fébriles. La durée du cycle varie de 36 à 48 heures chez *Plasmodium falciparum*, de 72 heures chez *Plasmodium malariae* et de 48 heures chez *Plasmodium ovale* et chez *Plasmodium vivax*. Au détour de plusieurs cycles schizogoniques asexués, certains parasites endoérythrocytaires se différencient en éléments potentiellement sexués : ce sont les gamétocytes et ils apparaissent dans le sang dix jours environ après les premiers

mérozoïtes hépatiques. Ils vont permettre la poursuite du cycle du parasite chez l'anophèle femelle à la suite d'un nouveau repas sanguin (Carnevale et Robert, 2009).

2.2.2. Déroulement du cycle sexué du parasite chez l'anophèle femelle ou sporogonie (Figure 2.2)

Au cours de son repas sanguin sur une victime infectée, l'anophèle femelle ingère en plus des trophozoïtes et des schizontes qui seront digérés, des gamétocytes à potentiel sexué qui migrent dans son estomac et se transforment en gamètes mâles et femelles. Leur fusion aboutit à des zygotes ou ookinètes. Cette fécondation est suivie de milliers de mitoses pour aboutir à des sporozoïtes. Les sporozoïtes migrent vers les glandes salivaires de l'insecte, prêts à être injectés à l'hôte lors d'un prochain repas de sang et un nouveau cycle peut ainsi reprendre. Ce cycle dure entre 10 et 40 jours selon les espèces et est influencé par la température extérieure. À titre d'exemple pour l'Afrique subsaharienne, il est de 10 à 12 jours chez *Plasmodium falciparum* et de huit jours chez *Plasmodium vivax* dans les conditions climatiques habituelles (Carnevale et Robert, 2009).

Figure 2.2
Cycle de développement du parasite chez le vecteur et chez l'humain



Source : CDC [s.d.]. Cycle de vie du *plasmodium*. Récupéré de <http://www.cdc.gov/dpdx/malaria/index.html>

2.3. Le paludisme et le climat

Cette section vise à mettre en évidence comment les paramètres climatiques influencent le cycle de vie et le cycle de développement des vecteurs et des parasites.

2.3.1. Paludisme et température

Le développement du *Plasmodium falciparum* (parasite du paludisme le plus incriminé dans les cas de la maladie au Burkina Faso et le seul capable d'entraîner la mort) s'estompe à une température inférieure à 18° C. À une température supérieure à 30°-32° C voire 34° C, une mortalité plus élevée est observée (Patz et Olson, 2006). Paaijmans *et al.* (2012) sous les conditions de laboratoire sur *Plasmodium yoelii* et *Anopheles stephensi* parviennent à ces résultats : la période d'incubation extrinsèque du parasite est de 15 jours à 20° C ; 11 jours à 22° C ; neuf jours à 24° C et de huit jours à 26° C. À 22° C, la prévalence des moustiques infectés est maximale. Les températures chaudes réduisent ainsi la période du cycle gonotrophique chez les anophèles. Quand le cycle gonotrophique dure longtemps parce que les températures sont insuffisantes, l'anophèle femelle meurt avant d'être infecté (Paaijmans *et al.*, 2012 ; Carnevale et Robert, 2009) réduisant ainsi le risque de transmission de la maladie.

Les températures de développement larvaire des vecteurs du paludisme se situent entre 17° C et 33° C selon Beck-Johnson *et al.* (2013) avec une température optimale gravitant autour de 25° C. La décroissance de la population anophélienne commence au-delà de 28° C. Paaijmans *et al.* (2010) relèvent dans une étude l'importance de l'effet de la variation journalière de la température sur le cycle de vie du moustique. Dans la région sud de la Chine (Guangzhou), les résultats de l'étude de Li *et al.* (2013) révèlent qu'une élévation de la température de 1° C était associée à une augmentation de 0,90 % du nombre mensuel des cas de paludisme. Pascual *et al.* (2006) soutiennent de leur côté qu'une hausse minimale d'un demi-degré centigrade de la température peut se « traduire par une augmentation de 30 à 100 % de la population des moustiques ». Plus les moustiques sont abondants, plus les contacts humains vecteurs sont élevés avec un risque accru de transmission de la maladie.

2.3.2. Paludisme et pluviométrie

Tout comme la température, la pluviométrie est un facteur clef dans la transmission du paludisme (Nath *et al.*, 2013 ; Bomblies *et al.*, 2012). Dans les régions à longue saison sèche comme le Sahel et notamment du Burkina Faso, les pluies déterminent l'abondance des populations de moustiques et donc de l'intensité de la transmission (Carnevale et Robert, 2009 ; Besancenot, 2007) ; les moustiques profitant alors des multiples flaques d'eau pour se reproduire et également des hauts taux d'humidité de l'air ambiant. Ainsi, Bomblies *et al.* (2008) remarquent dans leur étude que la hausse des précipitations de 16 % entre 2005 et 2006 s'est accompagnée d'une hausse de 132 % de l'abondance des moustiques dans le village de Banizoumbou au Niger, situé en zone sahélienne. La typographie et les caractéristiques des sols contribuent également à mieux comprendre les mécanismes de ruissèlement et de formation des flaques d'eau (Caruana, 2013 ; Montosi *et al.*, 2012) susceptibles de constituer des gîtes larvaires.

L'effet de l'humidité relative est aussi utilisé pour évaluer les cycles de vie du moustique et du parasite. Yamana et Eltahir (2013) dans leur étude dans les villages de Banizoumbou et de Zindarou au Niger notent que la chute de l'humidité relative à la fin de la saison des pluies n'est pas propice à la survie des moustiques adultes. Dans cette même veine, Li *et al.* (2013) ajoutent qu'une augmentation de 1 % de l'humidité relative était associée à une hausse de 3,99 % des cas mensuels de paludisme à Guangzhou.

2.3.3. Paludisme et autres facteurs climatiques

D'autres facteurs écoclimatiques influencent la transmission du paludisme, au nombre desquels la durée de l'ensoleillement. Ainsi, Li *et al.* (2013) remarquent dans leur étude menée en Chine qu'une augmentation d'une heure de la durée d'ensoleillement liée aux saisons a conduit à une augmentation de 0,68 % du nombre mensuel de cas de paludisme à Guangzhou. En outre, la déforestation peut favoriser la colonisation anophélienne en instaurant des conditions favorables au pullulement des moustiques par le déséquilibre écosystémique subséquent (Ermert *et al.*, 2012). Dans les zones à longue saison sèche, les conditions défavorables peuvent entraîner l'extinction des espèces anophéliennes existantes et la recolonisation annuelle des gîtes larvaires peut alors se refaire par transport éolien (Besancenot, 2007).

CHAPITRE III

ORIENTATIONS THÉORIQUES ET MÉTHODOLOGIQUES

3.1. Objet et justification de la recherche

Le paludisme constitue un problème de santé publique dans de nombreux pays africains dont le Burkina Faso (MS, 2014 ; OMS, 2015) où certaines substances chimiques employées pour enrayer les vecteurs de la maladie sont de plus en plus incriminées dans l'émergence et/ou la prévalence de certains problèmes majeurs de santé et d'environnement plus particulièrement des cas de perturbations de la fonction endocrinienne (Colborn *et al.*, 1996). En outre, la résistance des vecteurs aux insecticides risque d'annihiler les efforts de lutte entrepris contre la maladie (OMS, 2015). Ces effets pervers de la lutte chimique contre l'endémie suscitent des inquiétudes et des interventions alternatives plus respectueuses de la santé humaine et de l'environnement voient le jour (van den Berg, 2009 ; Pruss-Ustun et Corvalan, 2007 ; Keiser *et al.*, 2005).

Dans cette même veine, l'approche écosanté a été appliquée depuis déjà plus de deux décennies à la résolution de problèmes de santé et d'environnement à travers le monde surtout dans les pays du Sud (Koné *et al.* 2014 ; Sy *et al.*, 2014). Cette recherche-action a donné des résultats encourageants dans la lutte contre le paludisme au Kenya, au Mexique (PAN Germany, 2010). De plus, Reiter (2008) nous rappelle que la réduction des épidémies dans les pays développés a été le fruit de l'amélioration des conditions environnementales, de la qualité de l'eau, de la nutrition et de l'hygiène. Toute chose qui laisse présager que la mise en œuvre de l'approche écosanté au Burkina Faso pour lutter contre le paludisme donnerait de résultats forts appréciables.

Au Burkina Faso, plusieurs études se sont penchées sur la résistance des vecteurs et des parasites aux substances chimiques, d'autres de la distribution ou de l'utilisation des MII, et d'autres d'approches communautaires de lutte contre la maladie à l'aide de molécules chimiques (De Allegri *et al.*, 2013 ; Namountougou *et al.*, 2010 ; Baragatti *et al.*, 2009 ; Toé *et al.*, 2009 ; Dabiré *et al.*, 2009). Malgré l'importance du fardeau du paludisme dans le pays, conjugué à la problématique des insecticides, les interventions endogènes basées sur une approche écosanté comme recours pour réduire la prévalence du paludisme ne sont pas fortement promues. Dans cette étude, nous souhaitons appliquer certains principes fondant l'approche écosanté dans une perspective de recherche de solutions endogènes et durables contre le paludisme et favorisant l'autonomisation des populations.

3.2. Objectifs de la recherche

Ce mémoire de maîtrise vise à sensibiliser et à appréhender la problématique du paludisme à travers une approche écosanté dans la perspective mettant en évidence les limites et les possibles effets pervers de certains aspects de la lutte chimique actuelle tout en proposant de nouvelles avenues d'interventions en amont des problèmes de santé déclarés. La réduction des impacts des interventions sur les équilibres écologiques est aussi une préoccupation prise en compte. Ces pistes de solutions endogènes, durables ont été identifiées à partir d'une revue de littérature scientifique mais les limites de ce mémoire réalisé au Québec n'ont pas permis de réaliser ce travail de concert avec les populations concernées comme il serait souhaitable de le faire dans une approche écosanté.

3.3. Question de recherche et hypothèses de recherche

Pour atteindre les objectifs suscités de ce mémoire, la question de recherche suivante a été posée : quelles peuvent être les stratégies écosystémiques de réduction de l'endémie palustre dans le contexte du Burkina Faso ?

Les hypothèses de recherche se résument ainsi :

L'aménagement de l'environnement (assainissement, drainages, etc.) et de l'habitat (architecture, matériaux, etc.), les changements de pratiques agricoles et d'élevage ainsi que les techniques de lutte des vecteurs sont susceptibles d'amenuiser la prévalence de la maladie.

L'amélioration des conditions socio-économiques des populations et de l'éducation notamment des filles est essentielle pour atteindre les objectifs de lutte contre l'endémie.

3.4. Orientations théoriques

Comme nous l'avons vu au chapitre I, la problématique de ce mémoire pourrait être résumée dans les termes suivants : la distribution massive de MII aux populations des zones endémiques du paludisme, de même que la PID à l'aide d'insecticides à effet rémanent pour réduire le contact humain vecteur sont des mesures fortement promues par RBM et ses partenaires dont l'OMS (OMS, 2015 ; RBM, 2008). Certes ces interventions offrent un certain répit aux bénéficiaires (OMS, 2015 ; OMS, 2014b). Toutefois, on peut se demander si ces stratégies ne contribuent pas également à la dégradation de la santé et particulièrement celle des enfants notamment dans le cas de l'usage de produits reconnus comme perturbateurs endocriniens et/ou neurotoxiques comme le DDT et les pyréthrinoides (Koureas *et al.*, 2012 ; Wolansky et Harrill, 2008). On peut également se demander si ces insecticides ne participent pas aussi à la

dégradation de l'environnement influençant alors fortement en retour la santé humaine.

Au plan des orientations théoriques de ce mémoire, notre réflexion s'insère dans le cadre de l'analyse critique de certaines perspectives d'interventions insuffisamment soucieuses des effets pervers de ces insecticides (perturbation endocrinienne, neurotoxicité, etc.). La problématique des perturbateurs endocriniens souligne Colborn (2006), aux États-Unis ne fait toujours pas l'objet d'étude lors de la mise sur le marché des produits chimiques. De plus, ajoute-t-elle les protocoles d'essais toxicologiques actuels ne sont pas efficaces pour rendre compte de l'ampleur de l'exposition et de leurs conséquences. Or la prévalence des troubles subséquents (développement anormal des gonades mâles, infertilité, troubles du spectre de l'autisme, diabète, troubles thyroïdiens, cancers hormonaux dépendants : testicules, prostate) à ces substances a augmenté ces dernières années (Colborn et Carroll, 2007).

Dans une zone d'endémie palustre en Afrique du Sud où les insecticides ont été utilisés contre les anophèles, Bouwman *et al.* (2006) mettent en évidence des résidus de DDT et de pyréthrinoïdes dans le lait maternel. Or l'allaitement maternel est une mesure fortement recommandée par l'OMS afin d'assurer un meilleur développement de l'enfant. Force est de rappeler que dans les pays pauvres comme le Burkina Faso, la quasi-totalité des enfants (soit 99 %) sont allaités au sein (INSD et ICF international, 2012) et cette exposition pourrait induire de graves conséquences pour les enfants et la société. Les conséquences subséquentes à l'exposition aux insecticides engendrent des pertes élevées pour la famille et la société qui se chiffrent en milliards de dollars américains chaque année et une perte d'autonomie pour

l'individu⁵. L'omniprésence des perturbateurs endocriniens dans notre vie quotidienne diminue de façon insidieuse la proportion d'individus sains et intelligents à l'échelle mondiale⁶ et hypothèque le mieux-être des générations futures.

Cette analyse critique s'appuie sur l'approche écosanté, développée depuis plusieurs décennies notamment à l'Université du Québec à Montréal (UQÀM) dans le cadre du CINBIOSE et de l'Institut des Sciences de l'Environnement (ISE), comme en témoigne le récent Congrès international *Ecohealth*, tenu à Montréal en août 2014. Cette approche largement développée par le Centre de Recherche et de Développement International (CRDI) a été mise en œuvre avec succès dans de nombreux pays notamment des pays de l'hémisphère Sud sur diverses problématiques croisant des enjeux de santé, de société et d'environnement comme celle du paludisme.

Pour Charron (2014), l'approche écosanté doit être entendue comme « un état d'esprit qui oriente le processus de recherche, conçu pour donner lieu à des mesures concrètes ou modifier les conditions de vie des populations et l'état de leur environnement ». L'approche a pour objectif « d'améliorer la santé des communautés en mettant en place des méthodes de gestion des écosystèmes qui favoriseront la durabilité de l'écosystème lui-même et la santé des êtres humains qui en font partie » (Forget et Lebel, 2001). Les méthodes de gestion écosystémiques promues par l'approche écosanté appliquées à notre objet d'étude se traduisent par des stratégies écologiques de réduction de l'incidence de la maladie c'est-à-dire des mesures d'interventions qui ne doivent ni porter préjudice à l'écosystème, ni engendrer des risques d'altérer l'état de santé des populations. Il importe que les coûts liés à ces interventions soient

⁵. The Endocrine Disruption Exchange [s.d.]. *Prenatal origins of endocrine disruption*. Récupéré de <http://www.endocrinedisruption.org/prenatal-origins-of-endocrine-disruption/introduction>

⁶ The Endocrine Disruption Exchange [s.d.]. *Prenatal origins of endocrine disruption*. Récupéré de <http://www.endocrinedisruption.org/prenatal-origins-of-endocrine-disruption/introduction>

limités que possibles. Ces aspects de durabilité et de moindre coût sont particulièrement importants pour les populations les plus malades qui sont souvent également les plus pauvres de la planète comme c'est le cas où on observe une forte prévalence du paludisme en Afrique subsaharienne.

Pour parvenir à cerner ses objets d'étude, l'approche écosanté s'appuie sur les piliers que sont la transdisciplinarité, la participation et l'éthique ainsi que sur l'analyse du genre (Lebel, 2003 ; Forget et Lebel, 2001) auxquels Charron (2014) ajoute la pensée systémique, la durabilité et la mobilisation des savoirs. Pour Lebel (2003), toute approche écosanté devrait réunir autour d'une même problématique trois types d'acteurs que sont les spécialistes, les membres de la communauté et les décideurs. Les divers facteurs imbriqués qui déterminent la survenue et la persistance du paludisme dans les communautés ainsi que les résultats mitigés des interventions de lutte contre l'endémie dans le cadre du Burkina Faso, invitent à mettre en œuvre une approche écosanté.

La recherche transdisciplinaire est entendue comme l'étude d'un objet de recherche par plusieurs disciplines à la fois (Lang *et al.*, 2012 ; Lebel, 2003). Dans l'approche écosanté, elle va au-delà des connaissances académiques et elle intègre les savoirs locaux et ceux des autres parties concernées. L'approche appelle les divers partenaires à participer aux processus de diagnostic, d'analyse et de quête de solutions à la résolution du problème en appréhendant les problématiques sous diverses facettes. L'approche offre également l'occasion aux communautés et aux autres intervenants de terrain de s'exprimer et de s'assurer de la prise en compte de leurs préoccupations et ouvre ainsi la voie à l'acquisition de nouvelles connaissances dans la résolution de problèmes de santé complexes (Charron, 2014 ; Lebel, 2003).

La participation s'entend comme l'implication des communautés dans les interventions de développement qui se déroulent dans leur milieu de vie (Lebel,

2003). La participation effective doit permettre aux populations de s'approprier des innovations qui découlent du partenariat, de les faire évoluer et de les pérenniser en vue de venir à bout du problème de santé. Ces innovations doivent être « socialement viables, c'est-à-dire responsables et appropriées tant, sur le plan social que culturel » et doivent pouvoir « être facilement systématisées » (Charron, 2014) et à un coût supportable compte tenu des maigres ressources des communautés. La participation communautaire est capitale, car elle détermine les chances de réussite de tout projet de changement exogène au groupe social. La participation doit être donc inclusive et refléter la composition de la société.

Pour Koné *et al.* (2014), le genre « se réfère à la manière dont une société donnée, définit les rôles, les responsabilités, les droits et les opportunités associés au fait d'être un homme ou une femme. ». Prenant acte que les inégalités sociales et sexospécifiques accroissent la vulnérabilité des groupes défavorisés, l'approche écosanté s'efforce de favoriser l'accès équitable de chaque personne dans les processus de changement eu égard à leurs attributs biologiques ou sociaux (Charron, 2014 ; Lebel, 2003) permettant ainsi de renforcer les interventions et de les rendre plus efficaces. Les femmes et les enfants étant les plus concernés par le paludisme, l'importance voire la priorité de leur participation se justifie pleinement.

La pensée systémique promue par l'approche écosanté vise à mieux saisir les interactions complexes entre les différents éléments de l'écosystème (biophysique, socio-économique, culturel, etc.) et la façon dont ces interactions déterminent la prévalence des problèmes de santé et le bien-être des populations humaines (Charron, 2014). L'approche écosanté intègre dans son analyse les réalités socioéconomiques et environnementales d'amont et d'aval qui maintiennent la situation problématique ou qui font obstacle au changement. La conception et la mise en œuvre des interventions contre les vecteurs du paludisme se doivent être systémiques pour inclure tous les

aspects susceptibles d'expliquer ou de favoriser la maladie ou font obstacle à la lutte contre le paludisme ou à son atténuation.

La durabilité dans l'approche écosanté « présuppose la protection des écosystèmes et de la restauration des milieux dégradés pour la santé et le bien-être humains, aujourd'hui et pour les générations futures. » (Charron, 2014). Cette notion de durabilité s'entend non seulement par le souci de préserver un milieu de vie plus sain qui se traduit par un prélèvement rationnel des ressources naturelles et par l'emploi de stratégies d'intervention contre le paludisme respectueuses de l'environnement.

3.5. Orientations méthodologiques

Cette étude tente d'explorer les insuffisances des stratégies actuelles de lutte contre le paludisme en ciblant l'analyse sur les impacts de l'utilisation de certains insecticides à travers une revue de littérature scientifique et grise couvrant la période 2005-2014. Nous accorderons une place privilégiée à l'examen des alternatives écosystémiques. Ce mémoire s'appuie sur une revue systématique de la littérature scientifique sur le paludisme publiée dans PubMed, BioMed Central et d'une revue de la littérature gouvernementale (Ministère de la Santé (MS) du Burkina Faso, etc.) ainsi qu'un examen de la littérature grise (documents d'ONG, d'instances publiques et privées) et des archives de l'OMS couvrant la période 2005-2014. La bibliographie des documents identifiés à partir de mots clefs a aussi été exploitée. Les termes de recherche utilisés sont : toxicité des insecticides (DDT, pyréthrinoides) sur les humains et l'environnement, paludisme et climat, paludisme et facteurs socio-économiques (éducation, habitudes et modes de vie, économie, etc.), stratégies de lutte non chimiques contre le paludisme, utilisation des MII. Ces termes de recherche ont été utilisés dans les langues anglaise et française.

CHAPITRE IV

PALUDISME AU BURKINA FASO

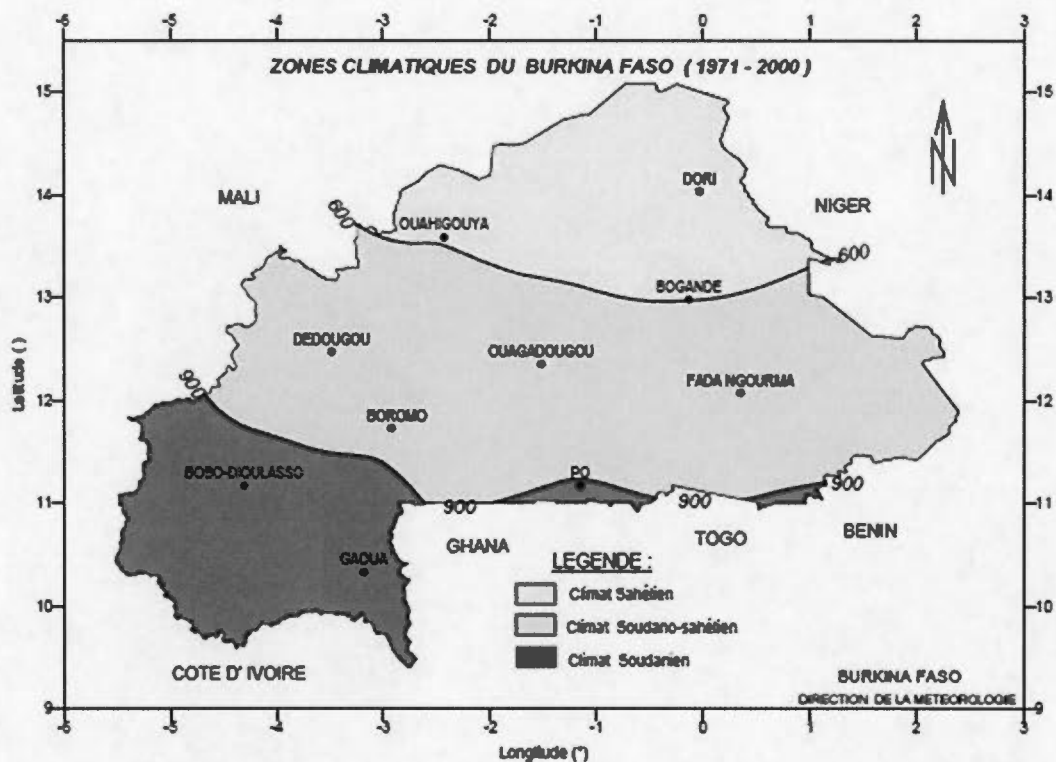
4.1. Présentation du Burkina Faso

Situé dans la boucle du Niger, le Burkina Faso est un pays enclavé au centre de l'Afrique de l'Ouest. Il s'étend du nord au sud sur 625 km et d'est en ouest sur 850 km et couvre une superficie de 274 967 km² (INSD, PNLP et ICF international, 2015). Ses coordonnées géographiques sont : 9° 20' et 15° 5' de latitude Nord, 2° 20' de longitude Est et 5° 30' de longitude Ouest. Il partage ses frontières avec la République du Mali (1 000 km) au nord et à l'ouest, au sud avec les Républiques de Côte d'Ivoire (584 km), du Ghana (549 km), du Togo (126 km) et du Bénin (306 km) et à l'est avec la République du Niger (628 km).

Le processus de découpage administratif du pays a débuté en 1995 et s'est achevé en 2006 par la communalisation intégrale. Désormais le pays compte 45 provinces réparties dans 13 régions administratives, 49 communes urbaines, 303 communes rurales et près de 9 000 villages (INSD, 2013).

Figure 4.1

Carte du Burkina Faso avec les pays limitrophes et les trois zones climatiques



Source : MECV, 2007.

4.1.1. Les déterminants du milieu physique

Le pays est plat dans son ensemble sur environ 75 % du territoire avec des formes spécifiques locales : dunes, collines, etc. L'altitude moyenne ne dépasse pas 400 mètres (m) avec des altitudes extrêmes au sud-est de 125 m et au sud-ouest de 749 m. La nature et la morphologie des roches permettent de distinguer deux principaux domaines topographiques : une immense pénéplaine qui occupe les 3/4 du pays et un massif gréseux au sud-ouest qui constitue la partie la plus élevée et la plus accidentée

du pays avec le mont Ténakourou qui culmine à 749 m (INSD, PNLP et ICF International, 2015 ; MECV, 2008).

Le Burkina Faso fait partie de la zone soudanienne et bénéficie d'un climat tropical sec à deux saisons : une saison sèche de novembre à juin et une saison pluvieuse de juillet à octobre. Comme on l'observe dans la figure 4.1, on y distingue trois zones climatiques : la zone sahélienne au nord du 14^e parallèle, la zone soudano-sahélienne située entre le 11^e et le 14^e parallèle et la zone sud-soudanienne au sud du 11^e parallèle. Les précipitations sont, en général, faibles et mal réparties sur l'ensemble du territoire, variant, en moyenne, entre 300 millimètres (mm) au nord et 1 200 mm au sud (Figure 4.1). Cette faiblesse et cette variabilité de la pluviométrie influencent énormément la disponibilité alimentaire et, par conséquent, l'état nutritionnel des populations (INSD, PNLP et ICF International, 2015).

Le Burkina Faso est drainé par trois grands bassins qu'il partage avec ses voisins (INSD, 2013). Ce sont le bassin de la Volta au centre du pays avec une superficie de 172 968 km² (kilomètre-carré), le bassin de la Comoé au sud-ouest du pays avec 17 590 km² et le bassin du Niger avec 83 442 km² à l'est et à l'ouest du pays. Le caractère intermittent de la majorité de ces cours d'eau n'offre que peu de sites favorables à l'aménagement de réseaux d'irrigation qui permettraient un développement considérable de l'agriculture.

Dans leur ensemble, les sols du pays sont pauvres en phosphore et en azote avec une réserve en eau limitée et ils subissent par ailleurs de façon très significative le phénomène du ruissèlement et de l'érosion éolienne (MECV, 2008). Les caractéristiques des sols déterminent la nature de la végétation et partant de la faune. Pays de savane, le Burkina Faso, regorge de ressources végétales variées réparties selon les zones climatiques.

4.1.2. Les déterminants du milieu humain

La population du pays est multiethnique (environ une soixantaine d'ethnies) avec un brassage important. Les projections de l'INSD situent la population de 2012 du Burkina Faso à 16 779 206 habitants (INSD, 2013). L'espérance de vie estimée, à partir des résultats du Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH) mené en 2006 est de 55,8 ans pour les hommes et de 57,5 ans pour les femmes (INSD, 2013). À titre de comparaison, l'espérance de vie des canadiens et des canadiennes est respectivement estimée à 77 et à 82 ans⁷. Le taux d'accroissement naturel national estimé en 2006 était à 3,42 %. Le taux brut de natalité était estimé à 46 ‰ et le taux brut de mortalité à 11,8 ‰ avec une proportion de femmes plus élevée que celle des hommes (51,71% contre 48,29%) (INSD, 2013).

La population du pays se caractérise par sa jeunesse. L'âge moyen de la population était de 16,6 ans en 2006. Les moins de 15 ans représentaient 47 % de la population, la tranche d'âge 15-64 ans représentait 50 % et la population de 65 ans et plus, seulement 3 %. Les enfants de moins de 5 ans et ceux de moins de 18 ans représentaient respectivement 17 % et 53 % de la population. Quant aux femmes en âge de procréer (15-49 ans), elles constituaient 24 % de la population totale (INSD, PNLP et ICF International, 2015).

Les résultats du dernier recensement ont également montré que près de huit habitants sur dix (77 %) résident en milieu rural et que 23 % vivent dans les villes avec une densité nationale estimée à 51,8 habitants/km² (INSD, 2013). On note une migration importante tant à l'intérieur (vers les villes, les sites aurifères et les zones plus fertiles à la culture) qu'à l'extérieur du pays.

⁷ Statistique Canada [s.d.]. Espérance de vie à la naissance, selon le sexe, par province. Récupéré de <http://www.statcan.gc.ca/tables-tableaux/sum-som/102/cst01/health26-fra.htm>

La langue officielle est le français. La plus importante langue nationale parlée reste le Mooré soit 52,1 % des ménages. Au plan religieux, la population se répartit entre l'islam (57,2 %), le christianisme (40,9 %) et les religions traditionnelles (1,9 %) (INSD, 2013). Le niveau d'instruction de la population reste faible selon le recensement de 2006 (INSD, PNLP et ICF International, 2015 ; INSD, 2013) : 71 % des Burkinabè de 6 ans et plus n'ont aucun niveau d'instruction, 20 % ont un niveau primaire et seulement 9 % ont un niveau secondaire ou plus. Le taux d'alphabétisation est également très faible (28,2 % de la population). En effet, toujours selon le recensement de 2006, 67 % des hommes de 10 ans ou plus ne savaient ni lire ni écrire contre 80 % des femmes du même groupe d'âges.

L'économie du Burkina Faso est actuellement déficitaire. L'or et le coton figurent au premier rang des produits d'exportation du pays (INSD, 2013). Le Burkina Faso est un pays à vocation agricole avec un faible revenu : 86 % de la population nationale s'adonne à l'agriculture et à l'élevage (INSD, 2013) mais le pays peine à atteindre l'autosuffisance alimentaire. Le Produit Intérieur Brut (PIB) moyen par habitant s'élevait en 2013 à moins de 750 dollars américains (INSD, 2014) et 44 % de la population vit en dessous du seuil national de pauvreté estimé à moins de 250 dollars américains par an (INSD, 2010).

Cette situation de pauvreté est caractérisée par un accès difficile aux services sociaux de base, par le chômage, l'analphabétisme, des conditions d'habitat précaire, un statut des femmes particulièrement défavorable et un niveau élevé de malnutrition. Il en résulte que le pays occupe en 2013 le 181^e rang sur 187 pays selon l'Indice du développement humain (IDH) (PNUD, 2013). Pour l'année 2013, l'État burkinabé a consacré 12,5 % de son budget aux dépenses liées à la santé soit environ 320 338 000 dollars américains et les ménages ont utilisé 2,4 % de leurs revenus pour s'offrir des soins dont 75 % étaient consacrés à l'achat de médicaments (INSD, 2013). On comptait en 2013 pour l'ensemble du pays 800 médecins, 207 pharmaciens, 3 489

infirmiers d'État, 2 369 infirmiers brevetés, 2 231 agents itinérants de santé, etc. Pour la population, la distance moyenne à parcourir pour acquérir des soins en 2013 était de 6,5 km (INSD, 2013).

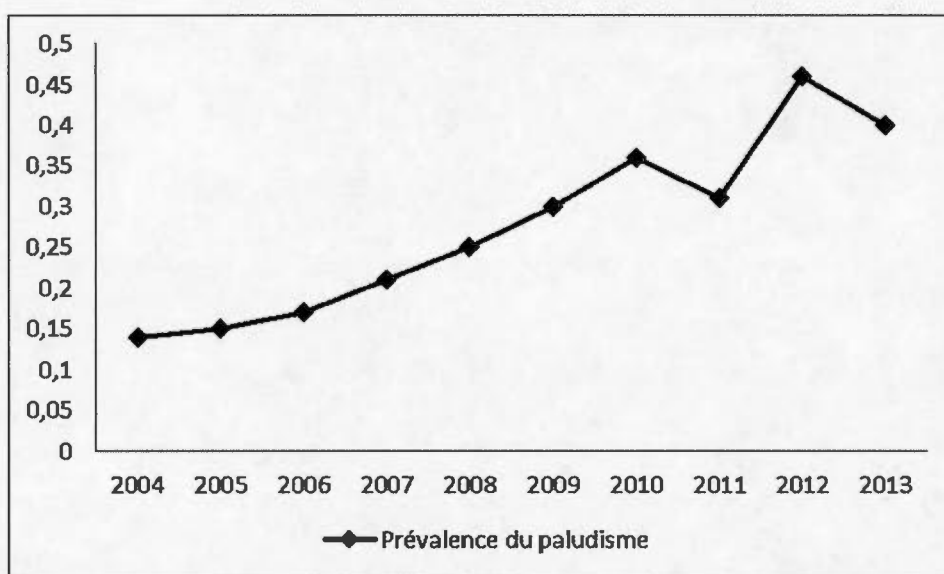
4.2. Ampleur du paludisme au Burkina Faso

Au Burkina Faso, le paludisme est la première cause de consultation, d'hospitalisation et de mortalité. Ainsi, en 2013, le paludisme constituait le principal motif de consultation (54 %) et d'hospitalisation (63 %) et il était la cause de 50 % des décès dans les formations sanitaires de districts selon le Ministère de la santé (2014). Les enfants de moins de cinq ans et les femmes enceintes demeurent les plus atteints par cette maladie chaque année. Le pays fait d'ailleurs partie des quinze pays les plus touchés par la maladie dans le monde (OMS, 2015). Selon les données du Ministère de la santé tirées des annuaires statistiques de 2005 à 2014, la prévalence du paludisme a pratiquement triplé depuis 2004 (Figure 4.2) et les décès associés à la maladie ont plus que doublé entre 2004 et 2010 pour atteindre 7 000 en 2012 et 8 000 en 2013 (Figure 4.3). L'examen des données statistiques de l'OMS sur la déclaration des cas de paludisme confirme cette tendance à la hausse de la maladie (Tableau 1.1).

En outre, le paludisme affecte également l'économie nationale compte tenu des jours de travail et d'école perdus et des impacts sociaux qui réduisent le Produit National Brut (PNB) (INSD, PNLP et ICF International, 2015 ; Sanni Yaya et Zé, 2013). Selon un article de Nature, les coûts liés au paludisme représentaient au début des années 2000 près de 1,3 % de la croissance économique annuelle des pays africains, ce qui avait une incidence considérable sur les stratégies de production et la croissance économique (Sachs et Malaney, 2002). L'OMS notait que le financement national et international de lutte contre le paludisme atteignait 2,7 milliards de dollars américains

en 2013 et devrait être doublé pour atteindre les objectifs mondiaux définis (OMS, 2014b).

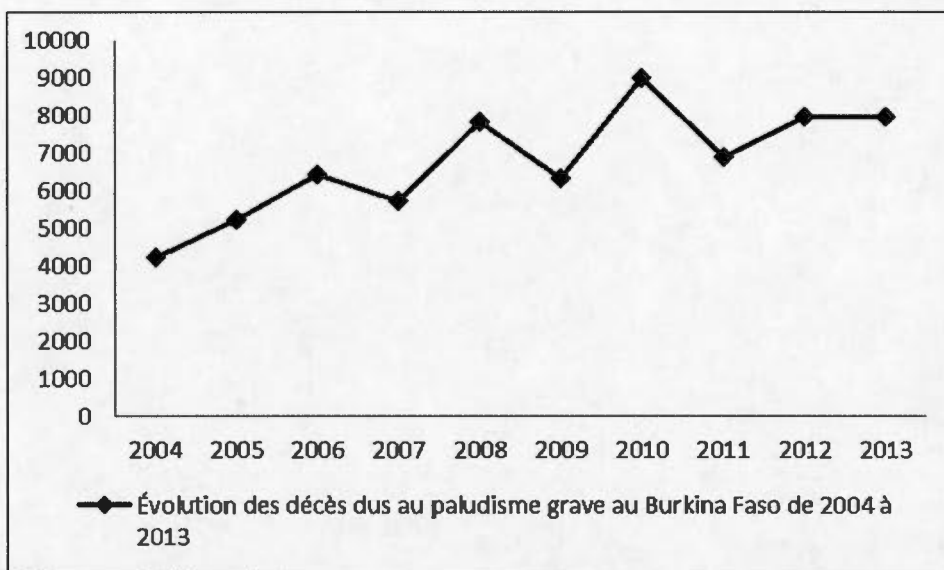
Figure 4.2
Évolution de la prévalence du paludisme (cas simple et cas grave) au Burkina Faso de 2004 à 2013



Source des données : annuaires statistiques du Ministère de la Santé de 2005 à 2014.

Dans la figure 4.2, on constate une hausse régulière annuelle de la prévalence du paludisme depuis 2004 dans le pays exception faite des années 2011 et 2013.

Figure 4.3
Évolution des décès dus au paludisme grave au Burkina Faso de 2004 à 2013



Source des données : annuaires statistiques du Ministère de la Santé de 2005 à 2014.

Les cas de décès associés au paludisme ont plus que doublé entre 2004 et 2010 et atteignent 7 000 en 2012 et 8 000 en 2013.

4.3. Répartition du paludisme au Burkina Faso

Le faciès se définit comme un ensemble de lieux dans lesquels le paludisme présente les mêmes caractéristiques de transmission, de développement de l'immunité et de manifestations pathologiques (Carnevale et Robert, 2009). Dans les zones de transmission stable, l'inoculation continue des parasites aux populations confère à ces dernières une immunité acquise partielle. C'est la situation qui prévaut dans une grande partie de l'Afrique subsaharienne dont le Burkina Faso (Carnevale et Robert, 2009). La dynamique de la transmission palustre est déterminée par l'intensité, le

rythme et la régularité des piqûres anophéliennes. Cette dynamique est fortement influencée par les conditions climatiques. Suivant la classification locorégionale, on distingue donc des « faciès primaires » stables, intermédiaires et instables (Pages *et al.*, 2007). Au Burkina Faso, la transmission du paludisme est stable avec une recrudescence saisonnière de mai à octobre et on y distingue 3 faciès primaires (MS, 2011b ; Carnevale et Robert, 2009) :

4.3.1. Le faciès équatorial

C'est une zone de transmission permanente dans les régions du sud et du sud-ouest du pays. Selon Carnevale et Robert (2009), dans ces zones de forêts dégradées, le paludisme est endémique avec une transmission intense et permanente toute l'année. On note des variations saisonnières au niveau de l'intensité mais sans aucune interruption de la transmission. L'intensité de la transmission est de l'ordre de plusieurs centaines de piqûres d'anophèles par an et par individu. Selon Baudon (2010), cette prévalence plasmodiale élevée contribue au développement rapide et maintenu de la prémunition de sorte que seuls les enfants de moins de cinq ans (voire de moins de deux ans) sont le plus à risque de développer la maladie dans ces contrées, les adultes et les adolescents étant des porteurs asymptomatiques.

4.3.2. Le faciès tropical

C'est une zone à transmission saisonnière longue et couvre le centre du pays. Le paludisme y est endémique. La transmission est longue et régulière, rythmée par la saison des pluies (plus ou moins de six mois). La transmission palustre est stable avec une intensité élevée mais très variable d'une saison à l'autre. On dénombre 100 à 400

piqûres d'anophèles par individu et par an. La prémunition est atteinte plus tardivement vers l'âge de 10 ans. Les enfants et les adolescents sont nettement plus touchés par la maladie que les adultes (Baudon, 2010).

4.3.3. Le faciès sahélien

C'est une zone de transmission saisonnière courte et couvre le nord du pays. La transmission annuelle du paludisme est épisodique et très courte (deux à trois mois). Elle survient pendant la courte saison des pluies et s'interrompt pendant la longue saison sèche ou ne se poursuit alors qu'à très faible intensité. La transmission est instable et son intensité est généralement faible de l'ordre de moins de 10 piqûres d'anophèles par individu et par an. Le paludisme s'observe dans toutes les classes d'âge. La prémunition apparaît ici tardivement et il peut y avoir des flambées épidémiques lorsque de fortes pluies succèdent à des épisodes de sécheresse (Baudon, 2010 ; Carnevale et Robert, 2009).

En plus de ces trois faciès bien distincts, des écosystèmes particuliers induisent d'autres dynamiques palustres selon Carnevale et Robert (2009) :

4.3.4. Le faciès urbain

Le Burkina Faso, à l'image des pays africains, connaît une urbanisation galopante rarement accompagnée d'un aménagement adéquat. S'y multiplient alors des microclimats propices au développement des moustiques et de la maladie. Selon Baudon (2010), l'urbanisation accélérée en Afrique pourrait engendrer pour les prochaines années une diminution des taux d'incidence du paludisme mais aussi et

surtout une augmentation relative de la proportion des formes graves de la maladie due à l'absence de prémunition.

4.3.5. Le faciès des zones d'aménagements hydroagricoles

Promus pour accroître l'autosuffisance alimentaire et les revenus des ménages, les aménagements hydroagricoles contribuent à créer des conditions favorables au pullulement des moustiques comme les micro flaques d'eau d'irrigation et des microclimats conséquents dans les zones irriguées (Koudou *et al.*, 2007). Or au Burkina Faso, la Politique nationale de développement durable de l'agriculture irriguée (PNDDAI) table sur une intensification des investissements en irrigation et sur un accroissement des superficies aménagées (MAHRH, 2004). Si ces aménagements ne s'accompagnent pas d'une gestion intégrée, ils pourraient ainsi contribuer à accroître la densité des populations de moustiques par la création de microclimats qui leurs sont favorables.

4.4. Diagnostic et traitement du paludisme

La symptomatologie du paludisme est polymorphe. Elle peut associer des céphalées, une lassitude, une gêne abdominale, des douleurs musculaires et articulaires habituellement suivies de fièvre, de frissons, de transpiration, d'anorexie, de vomissements et d'un malaise qui va en s'aggravant (WHO, 2015). Selon l'OMS (WHO, 2015), la multiplicité ainsi que la variabilité des signes et symptômes associés à la maladie conduisent souvent à la surestimer. La manifestation des signes cliniques dépend en grande partie du niveau d'immunité, lequel résulte de la dynamique de la transmission de la maladie (Baudon, 2010 ; Carnevale et Robert, 2009).

Selon l'OMS (2015), le diagnostic clinique d'un cas de paludisme simple doit être basé sur la possibilité d'exposition à l'infestation et sur une manifestation de fièvre au cours des trois jours précédents sans autres signes de maladie grave. Le paludisme grave ne se rencontre qu'avec *Plasmodium falciparum*. Pour le diagnostic parasitologique, on utilise l'examen au microscope optique et le test de diagnostic rapide (TDR). Les TDR servent à mettre en évidence l'antigène du parasite dans une goutte de sang précédemment prélevée chez un sujet suspecté d'avoir été piqué par l'anophèle. Les TDR ont été introduits à partir de 2009 dans les structures de santé surtout dans les zones périphériques du Burkina Faso pour la confirmation des cas grâce à l'appui des partenaires techniques et financiers (MS, 2011b). Des traitements précoces avec des antipaludiques indiqués augurent alors d'issues favorables.

4.5. Les déterminants de santé de la transmission du paludisme

Les déterminants de la santé sont des facteurs individuels, sociaux, économiques et environnementaux qui influent sur l'état de santé des individus ou des populations (Ministère de la santé et des services sociaux du Québec (MSSS), 2012 ; OMS, 1998). Ces déterminants peuvent être regroupés dans quatre champs : les caractéristiques individuelles, les milieux de vie, les systèmes et le contexte global (MSSS, 2012). La survenue et la sévérité d'un événement morbide dans un groupe social dépendent alors fortement des connaissances et des ressources dont il dispose pour y faire face. En dépit des facteurs qui sont intrinsèques aux vecteurs et aux parasites du paludisme, l'organisation sociale et humaine tient une grande part dans l'explication de la dynamique de la maladie.

4.5.1. Les caractéristiques individuelles

Les femmes enceintes et les enfants de moins de cinq ans restent les plus vulnérables au paludisme en Afrique subsaharienne et au Burkina Faso (OMS, 2015). La prévalence plasmodiale⁸ contribue au développement rapide et maintenu de la prémunition de sorte que seuls les enfants de moins de cinq ans demeurent les plus à risque de développer le paludisme dans les régions endémiques (Baudon, 2010). Caulfield *et al.* (2004) relèvent dans leur étude que plus de 57,3 % des décès dus au paludisme parmi les enfants de moins de cinq ans ont touché des enfants en insuffisance pondérale, 20,1 % en déficience de zinc et 19,5 % en carence de vitamine A. La malnutrition et l'avitaminose affaiblissent l'immunité surtout chez les enfants en bas âge et chez les femmes enceintes, deux groupes particulièrement vulnérables au paludisme.

Le faible niveau de scolarisation et d'alphabétisation des parents surtout des femmes constitue également une entrave à la lutte contre la maladie (INSD, PNLP et ICF International, 2015 ; De Allegri *et al.*, 2013). Dans l'enquête de 2014 sur les indicateurs du paludisme au Burkina Faso, moins du tiers (30 %) des femmes interrogées étaient alphabétisées (INSD, PNLP et ICF International, 2015) et près de 71 % des Burkinabè de 6 ans et plus n'ont aucun niveau d'instruction selon le RGPH de 2006 (INSD, 2013). Or, il est admis qu'une mère instruite fait moins d'enfants qui ont généralement plus de chance d'être en bonne santé. Dans leur étude sur la possession et l'utilisation des MII par les populations au Burkina Faso, De Allegri *et al.* (2013) identifient le niveau de scolarisation et la prévalence de la pauvreté dans les foyers comme des facteurs clefs à l'adoption des méthodes de prévention contre le paludisme. L'instruction, en plus d'offrir des opportunités d'activités régénératrices

⁸ La prévalence plasmodiale est le pourcentage de porteurs de *Plasmodium* dans la population examinée.

de revenus, facilite la communication pour le changement de comportement et rend les mères plus alertes en cas de fièvre chez les enfants.

4.5.2. Les milieux de vie

Dans les bidonvilles, la quasi-inexistence de l'assainissement et les insuffisances de l'urbanisation conjuguée à la densité humaine élevée entretiennent des taux élevés de parasitémie au sein des habitants (De Silva et Marshall, 2012). Le manque de logements décents est notable dans les zones rurales et dans les bidonvilles africains. Les modèles d'habitations dépourvus de barrières de protection aux entrées (portes et fenêtres) facilitent la pénétration des vecteurs dans les maisons et procurent aux moustiques des sites de repos (Kampango *et al.*, 2013), augmentant de ce fait le risque de contact humain vecteur.

4.5.3. Les systèmes

L'insuffisance des infrastructures sanitaires et l'absence d'une couverture générale d'assurance maladie expliquent aussi le faible recours aux soins dans les structures de santé (Ridde *et al.*, 2012) et donc le niveau élevé de la maladie dans la population. Le rayon d'action moyen qui renseigne sur l'accessibilité théorique des populations malades à un poste de santé reste élevé au Burkina Faso, il était de 7,1 km en 2012 (MS, 2013). S'ajoute à cette distance à parcourir, le mauvais état des routes ou l'absence de transport. Cette situation s'aggrave avec la saison pluvieuse où les pluies altèrent les pistes rurales et les crues de certains cours d'eau isolent davantage les populations. Or, c'est à cette période que le paludisme atteint son incidence maximale (Carnevale et Robert, 2009). En outre, comme l'indiquait une étude réalisée au

Nigeria, les populations de classes moyennes ou riches accèdent aisément aux soins alors que les plus pauvres surtout dans les milieux ruraux s'empêchent de consulter en cas d'accès fiévreux chez l'enfant, de crainte de ployer sous le poids des ordonnances médicales (Onwujekwe *et al.*, 2010). L'inaccessibilité géographique et/ou financière interdit donc dans les faits aux populations malades de franchir le seuil des centres de santé pérennisant ainsi les parasites de la maladie. Un cas de paludisme non ou mal traité offre l'opportunité aux parasites de terminer leur cycle érythrocytaire accroissant ainsi les chances de l'anophèle femelle de s'infecter lors d'un prochain repas sanguin.

4.5.4. Le contexte global

L'environnement immédiat dans lequel vivent les populations a aussi été cité comme un facteur expliquant la prévalence de la maladie. Baragatti *et al.* (2009) soutiennent que les ménages vivant à proximité d'étendues d'eau et/ou de forêts dans les zones palustres sont plus exposés aux vecteurs du paludisme. Les plans d'eau, les marécages, l'humidité ambiante et l'ombre constituent ainsi des conditions propices au pullulement des moustiques.

Le niveau de développement influe largement sur les déterminants de la santé (OMS, 2008). Ainsi, Tusting *et al.* (2013) démontrent que les populations à faible statut socioéconomique dans les zones endémiques courent plus de risques de mourir du paludisme. Ceci est d'autant plus vrai que les pays ayant éradiqué ou en phase d'éliminer le paludisme ont connu chacun une hausse remarquable de leur produit intérieur brut (Cotter *et al.*, 2013). Un niveau de développement socioéconomique faible rime avec « manques ».

L'instabilité sociopolitique et la ré-surgescence de certaines épidémies comme celle de l'Ébola récemment en Afrique de l'Ouest avec leurs lots de problèmes sociaux (déplacements massifs de populations, famine, etc.) et de désorganisation du fonctionnement des systèmes de santé contribuent à essaimer les parasites de la maladie (Cohen *et al.*, 2012). La Chine, par exemple, a réussi à éliminer le paludisme à *Plasmodium falciparum* sur de larges territoires mais reste confrontée à une recrudescence des cas importés par des ressortissants revenant de pays où la présence du parasite est endémique (Cotter *et al.*, 2013).

Les problèmes de représentation sociale de la maladie, associés à une inadéquation entre les messages des structures de santé et les savoirs des populations (Toé *et al.*, 2009) incitent également les populations à se retourner vers les soins traditionnels non probants en cas de fièvre. Ce recours était encore élevé au tournant des années 2000, étant alors de l'ordre de 43 % pour l'Afrique occidentale et centrale et de 63 % pour l'Afrique orientale et australe (Worrall *et al.*, 2002, cité dans RBM et PNUD, 2013) ; toute chose qui contribuait à annihiler les différents efforts de lutte contre l'endémie. De plus l'appartenance à une minorité ethnique ou politique (Cotter *et al.*, 2013) conjuguée à de mauvaises expériences avec les systèmes de santé contribuent à éloigner et/ou à isoler les populations malades des services de santé. Les rôle et comportements des agents de santé s'avèrent aussi déterminants pour la réussite des programmes de santé (Sia *et al.*, 2011).

4.6. Politique mondiale de lutte contre le paludisme

L'enthousiasme justifié par les premières campagnes de pulvérisation intra domiciliaire à l'aide du DDT contre les moustiques vecteurs du paludisme a conduit la 8^{ème} Assemblée mondiale de la santé à lancer, en 1955, la campagne mondiale

d'éradication du paludisme (OMS, 2006). Cette campagne a permis d'éliminer la maladie dans certains pays notamment ceux des continents américain et européen⁹. Quant aux pays d'Afrique et d'Asie où le paludisme est endémique, l'élimination de la maladie n'était pas envisageable pour diverses raisons : le développement de la résistance des vecteurs aux insecticides, la résistance des parasites aux médicaments antipaludiques, l'existence de vecteurs exophagiques, l'insuffisance des infrastructures, etc. Cet échec a conduit la 22^{ème} Assemblée mondiale de la santé, en 1969, à réorienter la stratégie de lutte vers le contrôle au long cours. Cette expérience a également révélé la nécessité de spécifier la lutte contre l'endémie en adaptant « les objectifs et les stratégies de lutte à chaque type de paludisme et à chaque pays » (RBM, 2008).

Selon le Partenariat RBM, la léthargie dans la lutte contre le paludisme qui a suivi au cours des années subséquentes a occasionné une recrudescence (morbidité et mortalité) de la maladie dans les années 1980 ; liée à la hausse de la résistance des parasites et des vecteurs aux molécules chimiques, à l'affaiblissement des programmes nationaux de lutte contre l'endémie, au délabrement des structures de santé et à la genèse de crises sociopolitiques dans certaines zones endémiques (OMS, 2014a ; RBM, 2008). La recrudescence du paludisme a conduit en 1992 à l'adoption de la stratégie mondiale de lutte contre le paludisme lors de la conférence ministérielle d'Amsterdam. Cette stratégie comportait alors quatre composantes fondamentales :

- ✓ Le diagnostic précoce et le traitement rapide des cas ;
- ✓ La mise en œuvre de mesures de prévention sélectives et durables, y compris la lutte antivectorielle ;
- ✓ La détection précoce, l'endiguement et la prévention des épidémies ; et

⁹ Italie, Grèce, Finlande, Pologne, Russie, Danemark, Espagne, Taiwan, États-Unis, Venezuela, etc.

- ✓ Le renforcement des capacités locales en matière de recherche fondamentale et appliquée, la promotion d'évaluations régulières de la situation du paludisme dans les pays touchés, ainsi que des évaluations portant notamment sur les déterminants écologiques, sociaux et économiques de la maladie.

En 1998, on assistait à la création du Partenariat Roll Back Malaria (RBM) par l'OMS, la Banque Mondiale, l'UNICEF, le PNUD et leurs partenaires afin de coordonner l'ensemble des efforts de lutte contre la maladie (RBM, 2008). Ce nouvel effort traduisait ainsi la réintégration de la lutte contre cette endémie dans les priorités mondiales (Objectifs du Millénaire pour le Développement, Déclaration d'Abuja, etc.). Les objectifs énoncés dans le Global Malaria Action Plan (GMAP) 2005-2015 (RBM, 2008) visaient alors à : « réduire le nombre des décès dus au paludisme dans le monde à zéro ou presque d'ici 2015 », à « réduire le nombre de cas de paludisme à l'échelle mondiale de 75 % en 2015 par rapport à l'année 2000 » et à « éliminer le paludisme dans 10 nouveaux pays¹⁰ d'ici la fin de 2015 (par rapport à 2008) et dans toute la région européenne de l'OMS ». Au Burkina Faso, ces objectifs sont loin d'être atteints (Tableau 1.1 ; Figures 4.2 et 4.3).

Le regain d'attention dans la lutte contre le paludisme au détour des années 1990 par la création du partenariat RBM s'est pourtant traduite par une intensification de la lutte antivectorielle à travers la distribution gratuite et/ou subventionnée des MII à grande échelle ainsi que de la PID à l'aide d'insecticides à effet rémanent dans certaines régions (OMS, 2015 ; RBM, 2008). Parmi les divers insecticides recommandés dans la prophylaxie du paludisme pour limiter les risques de contact humain/vecteur, on peut distinguer selon l'OMS (2006) : les carbamates (C) dont le Bendiocarbe et le Propoxur ; les organochlorés (OC) dont principalement le DDT ;

¹⁰ Ce sont l'Algérie, l'Arabie saoudite, l'Azerbaïdjan, l'Iran, la République de Corée, le Sri Lanka, le Tadjikistan et la Turquie. Les pays certifiés par l'OMS comme ayant éliminé le paludisme sont : les Émirats arabes unis (2007), le Maroc (2010), le Turkménistan (2010) et l'Arménie (2011).

les organophosphorés (OP) qui comprennent le Malathion, le Fénitrothion et le Pirimiphos-methyl ainsi que les pyréthriinoïdes (PY) composés de l'Alpha-cyperméthrine, de la Deltaméthrine, du Lambda-cyhalothrine, de l'Etofenprox, de la Bifenthrine et du Cyfluthrine. Les pyréthriinoïdes sont la seule famille d'insecticides recommandée pour l'imprégnation des moustiquaires (WHO, 2011). Rappelons que les organochlorés, dont les usages en termes de tonnage ont doublé de 2000 à 2008 dans le monde ; ont presque quadruplé en Afrique alors que près de la moitié de ce tonnage est utilisé à l'intérieur des domiciles, comme on le voit dans les tableaux 4.1, 4.2 et 4.3. Ils incluent un grand nombre de substances aux effets démontrés de perturbation endocrinienne. Quant au DDT, interdit d'usage en Amérique du Nord, depuis les années 1970, il fait partie des 12 polluants organiques persistants, qualifiés par la Convention de Stockholm (2001) de « *The dirty dozen* », qui sont ciblés pour être virtuellement éliminés. Enfin, les pyréthriinoïdes, recommandés pour l'imprégnation des moustiquaires, sont reconnus comme perturbateurs endocriniens (Hossain et Jason, 2011 ; Clark et Symington, 2008). Les tableaux qui suivent, indiquent la quantité utilisée de ces insecticides au niveau mondial (Tableau 4.1) et dans la région Afrique de l'OMS (Tableau 4.2 et 4.3) sans tenir compte de la quantité utilisée de pyréthriinoïdes par l'industrie pour le traitement des moustiquaires (WHO, 2011).

Tableau 4.1

Évolution de la quantité en tonnage des pesticides utilisés dans la lutte contre le paludisme dans le monde de 2000 à 2009

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
OC	2 274	4 082	4 091	4 151	4 131	4 542	4 231	3 862	5 670	4 529
OP	5 792	477	797	494	654	648	740	960	159	218
C	8	3	3	6	11	19	17	33	36	23
PY	133	149	507	174	154	216	158	234	283	338
Total	8 207	4 711	5 398	4 825	4 950	5 425	5 146	5 089	6 148	5 108

Source : WHO, 2011.

Tableau 4.2

Évolution de la quantité en tonnage des pesticides utilisés dans la lutte contre le paludisme dans la région Afrique de 2000 à 2009

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
OC	349	398	539	446	475	970	705	1 079	2 063	1 127
OP	30	59	36	24	1	19	14	1	1	1
C	0,1	0	0	0	6	14	11	19	21	23
PY	3	9	11	14	4	43	13	11	24	93
Total	382	466	586	484	486	1 046	743	1 110	2 109	1 244

Source : WHO, 2011.

Tableau 4.3

Quantité moyenne annuelle en tonnage de pesticides utilisés dans la lutte contre le paludisme dans la région Afrique par méthode de 2000 à 2009

OC	Pulvérisation intradomiliaire				Pulvérisation aérienne		Imprégnation		Larvicides	
	OP	C	PY		OP	PY	OP	PY	OP	PY
	805	19	19	21	0,1	0	1	0,1	1	0,1

Source : WHO, 2011.

La nouvelle Stratégie technique mondiale de lutte contre le paludisme 2016-2030, découlant du bilan mitigé dans le cas du Burkina Faso (Tableau 1.1 ; Figures 4.2 et 4.3), s'articule autour de trois piliers (OMS, 2014a) qui visent à : « garantir l'accès universel à la prévention, au diagnostic et au traitement du paludisme » ; « accélérer les efforts vers l'élimination et vers l'obtention du statut exempt de paludisme » et à « faire de la surveillance du paludisme une intervention de base ». En somme, cette stratégie vise à contrôler et à éliminer l'endémie palustre par une couverture effective des zones palustres par les interventions prophylactiques de lutte (principalement les MII) et de traitement contre le paludisme dont les investissements nécessaires devraient croître (OMS, 2014a).

4.7. La stratégie nationale de lutte contre le paludisme

Conscient de la prédominance du paludisme dans le pays et de son impact socioéconomique, le Burkina Faso a mis en place depuis 1991 (et a restructuré en 1995) un Programme National de Lutte contre le Paludisme (PNLP). Le programme vise à : « coordonner les activités de lutte contre le paludisme », à « favoriser les activités de recherche opérationnelle dans le domaine du paludisme », à « assurer l'approvisionnement régulier en matériels imprégnés » et à « établir les protocoles thérapeutiques » (MS, 2011b). Le pays a également adhéré aux diverses initiatives régionales et mondiales afférentes : Objectifs du Millénaire pour le Développement, RBM, les Déclarations d'Abuja, de Maputo et de Libreville, etc. Au niveau national, l'objectif des efforts de lutte se résume à éliminer le paludisme du pays d'ici 2025 pour un meilleur développement humain (MS, 2011b).

Dans l'exécution de ses activités, le programme bénéficie du soutien technique et financier de l'État, des collectivités locales et de la communauté mais ce programme est presque totalement dépendant des financements extérieurs (MS, 2011b). Ainsi de 2006 à 2010, le PNLN estime que la lutte contre le paludisme a mobilisé environ 99,5 millions de dollars américains dont seulement 2,20 % provenaient de l'État burkinabé. Le programme bénéficie également de l'appui technique des centres et instituts de recherches nationaux¹¹ sur la maladie, des écoles et universités, des autres ministères ainsi que des organisations non gouvernementales (ONG) et autres associations. Selon l'OMS (2015), les coûts indirects mobilisés par les pays ne sont généralement pas comptabilisés par ces derniers.

¹¹ Ce sont : le Centre National de Recherche et de Formation sur le Paludisme, le Centre Muraz, le Centre de Recherche en Santé de Nouna, l'Institut de Recherche en Sciences de la Santé, Institut Supérieur des Sciences de la Population.

Les stratégies de lutte préconisées par le Programme national de lutte contre le paludisme (PNLP) sont les suivantes (INSD, PNLP et ICF International, 2015 ; MS, 2011b) :

- ✓ La prise en charge correcte et précoce des cas de paludisme dans les formations sanitaires et au niveau communautaire par les agents de santé communautaires (ASC) ;
- ✓ La prévention du paludisme chez la femme enceinte par le traitement préventif intermittent (TPI). L'Enquête sur les Indicateurs du Paludisme au Burkina Faso (EIPBF) de 2014 estime à 80 % la proportion de femmes ayant pris un antipaludique à titre préventif au cours de la grossesse (INSD, PNLP et ICF International, 2015) ;
- ✓ La lutte antivectorielle : promotion de l'utilisation des moustiquaires imprégnées d'insecticides (MII). L'Enquête sur les Indicateurs du Paludisme au Burkina Faso (EIPBF) de 2014 estimait la proportion de ménages ayant accès à une MII à 71 % et la proportion de ménages ayant dormi sous une MII la nuit précédant l'enquête à 67 % (INSD, PNLP et ICF International, 2015) ;
- ✓ La pulvérisation intra domiciliaire (PID), la lutte antilarvaire (LAL) et l'assainissement du milieu. La PID à l'aide de pyréthriinoïdes est mise en œuvre dans un site pilote dans la région du Sud-Ouest, plus précisément à Diébougou depuis 2009 (INSD, PNLP et ICF International, 2015) ;
- ✓ La lutte contre les épidémies de paludisme dans le cadre de la surveillance intégrée des maladies et de la riposte ; et
- ✓ Les stratégies de soutien : communication pour le changement de comportement, recherche opérationnelle, suivi-évaluation et renforcement institutionnel/partenariat.

CHAPITRE V

LA LUTTE ANTIPALUDIQUE : BÉNÉFICES ET RISQUES DES STRATÉGIES CHIMIQUES PRIVILEGIÉES

5.1. Résultats et bénéfices des stratégies de lutte chimique contre le paludisme

Les données sur les essais des MII conjuguée à la création du partenariat RBM, ont conduit à privilégier cet outil et à en faire la principale intervention visant à réduire le fardeau du paludisme dans les pays endémiques (Goodman *et al.*, 1999). En effet, dans leur étude au Burkina Faso sur l'utilisation des MII, Van den Broek *et al.* (1999) notaient que l'utilisation des MII par les ménages avait permis de réduire la présence des moustiques dans les maisons et notamment celle des moustiques porteurs de parasites à 4,1 % contre 11,5 % chez les ménages témoins. Aussi, Lengeler (2004) dans sa revue systématique de plusieurs études dans les zones endémiques a montré que l'utilisation des MII a réduit la mortalité du paludisme de 17 % et a réduit de moitié les épisodes cliniques de la maladie. Ces résultats ont suscité un certain enthousiasme qui a conduit les partenaires techniques et financiers à se mobiliser pour l'achat et la distribution gratuite des MII à tous les ménages des pays endémiques.

Selon les estimations de l'OMS (2015), le financement mondial de la lutte contre le paludisme a atteint 2,5 milliards de dollars américains en 2014 dont près de 82 % attribué à la région Afrique. Rappelons que la contribution nationale des programmes de lutte contre la maladie reste faible selon l'OMS (2015). Au Burkina Faso, de 2006 à 2010, la contribution de l'État à la lutte contre le paludisme a été estimée par le Programme National de Lutte contre le Paludisme (PNLP) à 2,20 % du budget consacré à la lutte contre cette endémie (MS, 2011b). Pour parvenir à ces objectifs de lutte, l'OMS (2015) compte sur un accroissement de la contribution de ses partenaires

dont le financement décroît d'ailleurs depuis 2011 alimentant les craintes que de nouveaux progrès seront entravés (Zelman *et al.*, 2014).

En Afrique subsaharienne, ces efforts ont contribué à accroître la proportion d'individus dormant sous une MII, qui de moins de 2 % en 2000 a atteint 55 % en 2015 ; alors que chez les enfants de moins de cinq ans, cette proportion est estimée à 68 % (OMS, 2015). Au Burkina Faso, l'EIPBF estimait que près de sept ménages sur dix soit 71 % de la population ont accès à une MII, alors que la proportion d'utilisation est estimée à 67 %. Dans les deux groupes de la population les plus vulnérables à la maladie, cette proportion augmente pour atteindre 75 % chez les enfants de moins de cinq ans et 77 % chez les femmes enceintes (INSD, PNLP, ICF International, 2015).

La pulvérisation intra domiciliaire (PID) à l'aide d'insecticides à effet rémanent demeure la seconde intervention promue par le partenariat RBM dans la lutte contre les vecteurs du paludisme (OMS, 2015). Bien qu'elle soit très peu utilisée au Burkina Faso, soit dans seulement 1 % des ménages, elle est surtout privilégiée lors des flambées épidémiques (INSD, PNLP et ICF International, 2015). Au plan mondial, la proportion de la population à risque, touchée par la PID, est estimée à 3,4 % en 2014 soit près de 116 millions d'individus selon l'OMS (2015).

Selon l'OMS (2015), ces efforts consentis ont permis, à l'échelle mondiale, de réduire depuis 2000, la mortalité due au paludisme de 66 % dans la population générale et de 71 % chez les enfants de moins de cinq ans. En effet, au plan mondial, le nombre de cas de paludisme est passée de 262 millions en 2000 à 214 millions en 2015 soit une diminution de près de 18 % (OMS, 2015). Ces efforts de lutte ont surtout permis de réduire de près de moitié la mortalité liée à la maladie qui est passée de 839 000 décès en 2000 à 438 000 en 2015 soit une baisse de près de 48 % à l'échelle du monde (OMS, 2015). Chez les enfants de moins de cinq ans, la mortalité liée au paludisme a

diminué de façon plus marquée encore passant de 723 000 en 2000 à 306 000 en 2015 au plan mondial ; alors que dans la région Afrique de l'OMS, on est passé de 694 000 décès en 2000 à 292 000 en 2015 (OMS, 2015).

Bien que l'Afrique subsaharienne demeure encore l'épicentre de l'endémie représentant 88 % des cas de la maladie et 90 % des décès associés au plan mondial (OMS, 2015), néanmoins le paludisme dû à *Plasmodium falciparum* a baissé de moitié et les cas cliniques de la maladie ont chuté de 40 % entre 2000 et 2015 (Bhatt *et al.*, 2015). Dans cet article de Bhatt *et al.* (2015) paru dans Nature, les auteurs estiment qu'entre 2000 et 2015 environ 663 millions de nouveaux cas de paludisme ont été évités. Sur ces 663 millions de cas évités par le biais des interventions antipaludiques, 68 % l'ont été grâce à l'utilisation des MII et 10 % grâce à la PID (Bhatt *et al.*, 2015 ; OMS, 2015). Dans le monde, ce sont 1,2 milliard de cas de paludisme et 6,2 millions de décès associés qui ont été évités entre 2001 et 2015 selon l'OMS (2015). En somme, sur les 106 pays où la transmission était toujours active en 2000, 57 d'entre eux ont réduit l'incidence de la maladie de plus de 75 % et 18 autres pays ont fait baisser l'incidence du paludisme de 50 % à 75 % selon l'OMS (2015).

Contrairement à ces avancées mondiales remarquables en termes de réduction de la morbidité et de la mortalité liée au paludisme, la situation au Burkina Faso demeure fort préoccupante. Ainsi, la notification des cas de paludisme dans les structures de soins ne connaît pas de répit comme en témoignent les figures 4.2 et 4.3 (MS, 2005 à 2014) : hausse régulière annuelle de la prévalence du paludisme depuis 2004 ; doublement des cas de décès associés au paludisme entre 2004 et 2010 et atteignent 7 000 décès en 2012 et 8 000 en 2013. Bien que les résultats des deux enquêtes indiquent une régression du nombre d'individus porteurs de parasites du paludisme passant de 66 % en 2010 (INSD et ICF International, 2012) à 46 % en 2015 (INSD, PNLP et ICF International, 2015) ; l'examen des données statistiques de l'OMS sur la

déclaration des cas de paludisme au Burkina Faso indique une hausse marquée des cas confirmés de la maladie (Tableau 1.1).

Selon l'OMS (2015), la baisse des nouveaux cas de paludisme en Afrique subsaharienne a permis d'économiser 900 millions de dollars américains en coûts de prise en charge des cas entre 2001 et 2014. Sans les acquis de ces interventions, l'OMS (2015) estime que 263 millions d'individus malades du paludisme auraient sollicité des soins dans le secteur public depuis 2000. Ces estimations ne tiennent pas compte des économies réalisées par les ménages.

5.2. Risques inhérents des interventions centrées sur l'usage des insecticides

Parmi les divers insecticides recommandés et utilisés dans la prophylaxie du paludisme (Tableaux 4.1 ; 4.2 et 4.3) pour limiter les risques de contact humain vecteur, on peut distinguer selon l'OMS (2006) : les carbamates (C) dont le Bendiocarbe et le Propoxur ; les organochlorés (OC) dont principalement le DDT ; les organophosphorés (OP) qui comprennent le Malathion, le Fénitrothion et le Pirimiphos-méthyl ainsi que les pyréthri-noïdes (PY) composés de l'Alpha-cyperméthrine, de la Deltaméthrine, du Lambda-cyhalothrine, de l'Étofenprox, de la Bifenthrine et du Cyfluthrine. Les pyréthri-noïdes sont la seule famille d'insecticides recommandée pour l'imprégnation des moustiquaires et pour la PID (WHO, 2011).

Les pyréthri-noïdes, utilisés à la fois pour le traitement des moustiquaires et pour la PID, sont des insecticides neurotoxiques puissants qui représentent plus de 25 % de la consommation annuelle totale des pesticides dans le monde (Horton *et al.*, 2011 ; Morgan, 2012). Classée comme insecticide modérément dangereux pour l'humain dans les conditions normales d'utilisation (classe II) (WHO, 2005), la Deltaméthrine

est l'insecticide le plus utilisé pour les imprégnations de moustiquaires pour maintes raisons : son effet excito-répulsif entraîne une limitation importante du contact entre l'humain et le moustique et en particulier d'*Anopheles gambiae*, le vecteur majeur du paludisme en Afrique ; son efficacité insecticide tue rapidement les moustiques qui entrent en contact avec les matériaux traités (Darriet *et al.*, 2007). C'est l'insecticide qui a été également retenu pour l'imprégnation des moustiquaires au Burkina Faso (MS, 2011b).

L'OMS (2015) estime qu'en 2014, en Afrique subsaharienne, 269 millions de personnes vivaient dans une habitation sans moustiquaire ou non protégée par la PID. L'OMS estime donc qu'il faudrait distribuer des MII à ces quelques 270 millions de personnes en plus de renouveler les MII brisées ou expirées (OMS, 2015). Au Burkina Faso, rappelons que la PID est très peu utilisée (INSD, PNLP et ICF International, 2015). Les besoins croissants de MII pour atteindre une couverture effective des populations vulnérables laissent présager une hausse de la quantité utilisée de pyréthrinoides ; accroissant ainsi les risques d'exposition des populations à ces insecticides. À titre d'exemple, on estime les nouveaux besoins de MII pour l'année 2015 à près de 18 millions au Burkina Faso (MS, 2011b).

Compte tenu des usages massifs des pyréthrinoides au Burkina Faso et de leur impact délétère sur la santé humaine et sur l'environnement, nous avons retenu d'examiner en priorité les pyréthrinoides, dans ce mémoire, sans toutefois minimiser celui des autres insecticides notamment le DDT. Par exemple, Belpomme *et al.* (2009) dans leur étude en Martinique et en Guadeloupe attribuent la hausse des cas de cancer de la prostate aux pesticides organochlorés dont le DDT, qui sont omniprésents dans l'environnement.

L'exposition aux pyréthrinoides tout comme la plupart des pesticides peut se faire par ingestion (directe ou indirecte), par contact cutané (direct ou avec des surfaces

contaminées) et par inhalation (de gouttelettes, de vapeurs ou de fumée) quoique cette exposition soit négligeable. Dans leur étude sur la durée de vie des pyréthrinoïdes, Julien *et al.* (2008) concluent que ces insecticides se lient à la poussière et sur les surfaces dans les habitations où ils sont utilisés et peuvent ainsi y persister pendant de longues périodes (Leng *et al.*, 2005, cité dans Fortin, 2009) accroissant d'emblée l'exposition des enfants par ingestion indirecte puisqu'ils portent fréquemment leurs mains et leurs objets à leur bouche (Morgan *et al.*, 2007, cité dans Fortin, 2009). L'exposition des enfants dans les domiciles où ces insecticides sont utilisés serait encore plus grande dans les pays en voie de développement comme le Burkina Faso où les habitations sont faites en banco (INSD, 2015) et où les enfants sont plus en contact avec la poussière dans leurs jeux quotidiens.

On ne peut sous-estimer les effets aigus (érythème cutané, prurit, conjonctivite, œdème palpébral, toux, gêne respiratoire, etc.) des substances chimiques en cas d'exposition. Pour les pyréthrinoïdes, des cas de paresthésie sont fréquemment décrits suite à une exposition. Dans la plupart des cas, elle atteint alors le visage à cause de la forte densité des terminaisons nerveuses (Giampreti *et al.*, 2013 ; Ujvry, 2010). En outre des cas de sensation de brûlure, de picotements, de démangeaisons et d'engourdissements sont signalés (Op. cit.). Nous ciblerons toutefois davantage ici les effets chroniques et à long terme des pyréthrinoïdes, largement utilisés dans les MII mais dont la toxicité, notamment au plan neurologique demeure largement méconnue de la plupart des bénéficiaires de ces interventions. Compte tenu des risques d'effets majeurs sur la santé des individus et de la population, ainsi que sur l'environnement et sur l'ensemble des coûts liés à la santé et à l'environnement, ce dossier mérite en effet d'être examiné.

5.2.1. Les risques et les impacts sur la santé humaine des pyréthriinoïdes

Les pyréthriinoïdes sont encore souvent présentés comme n'ayant pas d'effets délétères pourtant reconnus comme perturbateurs endocriniens, ces insecticides ont été diversement associés aux dérèglements de la fonction hormonale et de la fonction neuronale, à des cas de baisse d'immunité et de détérioration de la qualité du sperme et notamment des spermatozoïdes (Nalbone *et al.*, 2013 ; Koureas *et al.*, 2012 ; Ji *et al.*, 2011 ; McKinlay *et al.*, 2008). C'est également ce qu'on a longtemps prétendu au sujet du DDT, produit mis sur le marché dans les années 1930, mis en cause par les travaux de Rachel Carson, auteure de *The Silent Spring*¹² et banni du marché américain en 1972 et du marché canadien en 1985. L'Inde, la Chine et la Corée du Nord demeurent actuellement les seuls pays producteurs de cette substance (PAN, Germany, 2009). Bien que Jaga et Dharmani (2005) signalent un manque d'études épidémiologiques en lien avec l'usage des insecticides dans les pays en voie de développement pour appréhender leurs effets chroniques, l'examen de la littérature scientifique annonce depuis plus de trois décennies une véritable bombe à retardement.

Les composantes du génome des mammifères sont différemment sensibles aux effets des pyréthriinoïdes (Meacham *et al.*, 2008 ; Soderlund, 2012) dont la Deltaméthrine a l'effet le plus marqué (Meacham *et al.*, 2008 ; Tan et Soderlund, 2010). Ces insecticides agissent en bloquant le fonctionnement des canaux sodiques indispensables à la transmission de l'influx nerveux au niveau du système nerveux central et du système nerveux périphérique (Hossain et Jason, 2011 ; Clark et Symington, 2008). Ce blocage perturbe l'équilibre des ions sodiques et potassiques ; prolonge l'ouverture des canaux en perturbant ainsi le développement neuronal (Meacham *et al.*, 2008).

¹² Carson, R. (1962). *Silent Spring*. Boston University Press. Boston, Massachusetts.

Dans leurs travaux respectifs, Cao *et al.* (2011) ainsi que Hossain et Jason (2011) ont démontré que la Deltaméthrine est capable d'induire une diminution significative du potentiel de la membrane mitochondriale dont la perméabilité est alors accrue, entraînant de ce fait une communication entre les trois milieux des mitochondries (extra-mitochondrial, espace inter membranaire et matrice) et l'extérieur. Pour mémoire, les mitochondries sont chargées de la conversion du glucose en énergie pour la cellule. La perturbation de cette fonction mitochondriale conjuguée à la modification de l'homéostasie du calcium intracellulaire qui s'en suivent influent sur l'apoptose (processus d'autodestruction des cellules sous l'impulsion d'un signal) (Chen *et al.*, 2007 ; Elwan *et al.*, 2006) avec de graves conséquences.

Les pyréthrinoïdes sont également capables d'inhiber l'activité des réseaux glutaminergiques (Shaffer *et al.*, 2008). Les neurones glutamatergiques jouent un rôle majeur dans la survenue de la maladie de Parkinson. Ainsi l'exposition aux pyréthrinoïdes a été associée à l'incidence de certaines maladies neurodégénératives comme celle de Parkinson et de la maladie d'Alzheimer (Arduino *et al.*, 2009 ; Tayebati *et al.*, 2009) par augmentation des niveaux de transport de la dopamine.

Au niveau de la fonction endocrinienne, Han *et al.* (2008) dans leur étude sur une cohorte de 212 hommes chinois, concluent que les pyréthrinoïdes interagissent avec les récepteurs oestrogéniques. En mimant ainsi les hormones naturelles, ces substances sont capables de provoquer des altérations persistantes de la fonction neuronale et à long terme des déficits comportementaux (Magby et Richardson, 2015). Dans une étude similaire menée en Chine auprès d'une cohorte d'hommes, Ji *et al.* (2011) ont établi des liens entre l'exposition aux pyréthrinoïdes et la détérioration de la qualité de sperme chez les participants ainsi qu'une altération de l'intégrité des spermatozoïdes.

En outre, dans leurs revues de littérature (Koureas *et al.*, 2012 ainsi que McKinley *et al.*, 2008) notifient des cas de baisse d'immunité chez les humains et chez les animaux de laboratoire, des effets délétères sur le développement des embryons et sur le système reproducteur. Les effets délétères des pyréthrinoïdes sur l'organisme ne sont pas méconnus de l'Union Européenne (U.E.) et de l'U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency). Ce dernier classe d'ailleurs les pyréthrinoïdes dans le groupe C des substances possiblement cancérogènes pour l'humain (PAN Germany, 2010).

Des cas d'exposition de femmes enceintes et d'enfants aux pyréthrinoïdes ont été documentés (Bouwman *et al.*, 2006 ; Barr *et al.*, 2010) ainsi qu'un nombre important d'empoisonnements aux pyréthrinoïdes chez les enfants (Power et Sudakin, 2007). Des niveaux plus élevés de métabolites de pyréthrinoïdes trouvés dans l'urine des enfants ont accru la probabilité d'un diagnostic de trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH) selon Wagner-Schuman *et al.* (2015). Dans le même ordre d'idée, Richardson *et al.* (2015) relèvent que des souris en gestation soumises à de faibles niveaux d'exposition à la Deltaméthrine, ont entraîné des comportements impulsifs et hyperactifs chez leurs progénitures de sexe masculin.

5.2.2. Les risques et les impacts sur l'environnement des pyréthrinoïdes

Parmi les atteintes à l'environnement résultant de l'actuelle stratégie de lutte contre le paludisme figure la pollution subséquente aux sacs de plastique (contenant les moustiquaires) et aux MII usagées dont le taux de récupération et de recyclage reste faible voir pratiquement nul. Par exemple, lors de la campagne de distribution universelle de MII au Burkina Faso, seuls 2 469 516 emballages ont été récupérés pour être recyclés sur un total de 7 601 773 MII distribuées en 2010 et en 2011 soit

moins du tiers (MS, 2011c). Lors du dénombrement des ménages pour planifier cette même campagne, on retrouva seulement 425 733 MII de bonne qualité sur les 2 245 516 MII distribuées entre 2008 et 2009 soit moins de 19 % (MS, 2011c).

La durée de vie maximale d'une MII est de trois ans et les premières distributions de MII ont débuté au Burkina Faso en 2009. Ainsi, en 2010, quelques 7 621 088 MII ont été distribuées (MS, 2011b). Or, bien que nous ne disposions pas de données précises pour les autres années, si on comptabilisait une moyenne de 6 millions de MII par an, cela signifierait qu'on compte déjà plus de 36 millions de MII en circulation. Théoriquement, si les MII distribuées en 2009, 2010 et 2011 n'ont pas été ré imprégnées, elles seraient alors d'une part inefficaces et d'autre part, elles suscitent des préoccupations écologiques quant à leur fin de vie.

Dans une étude menée à Madagascar sur la récupération et le recyclage des MII usagées, Ramanantsoa *et al.* (2012) constatent que le faible taux rencontré dans ces opérations est à la fois lié à des facteurs intrinsèques au programme de distribution (communication, etc.) mais également aux bénéficiaires ; qui déclarent se sentir honteux d'avoir à présenter en public des moustiquaires sales, déchirées ou sentant mauvais. Or, tous ces déchets solides contribuent à accroître la dégradation de l'environnement dans un pays comme le Burkina Faso où la gestion des déchets laisse déjà grandement à désirer. Il faut également souligner que dans leur étude au Sénégal, Loll *et al.* (2013) rapportent que les MII expirées sont recyclées à d'autres fins (pêche, etc.) retardant ainsi un tant soit peu leur rejet dans l'environnement. Le rejet de ces déchets (emballages plastiques, MII usagées, etc.) dans l'environnement est donc lourd de conséquences pour la flore et la faune.

Van Wijngaarden *et al.* (2005) ainsi que Rasmussen *et al.* (2013) dans leurs revues de littérature scientifique couvrant la période 1980 à 2001, mentionnent que la présence de pyréthriinoïdes dans les eaux douces, induit diverses perturbations endocriniennes

et neuronales chez les animaux qui y vivent et notamment les poissons, les crustacés, etc. La toxicité des pyréthrinoïdes chez ces êtres vivants a été également étudiée par Yang *et al.* (2014) qui notifient des troubles de développement embryonnaire du poisson Zèbre. Les animaux terrestres et les insectes ne sont pas épargnés par la toxicité des pyréthrinoïdes. Dans le même ordre d'idée, Aufauvre (2013) dans sa thèse de doctorat souligne l'impact négatif des insecticides neurotoxiques utilisés dans la lutte antivectorielle sur les abeilles. Dans les zones cotonnières du Burkina Faso où ces substances sont régulièrement utilisées, Ondo *et al.* (2011) ont mis en évidence une modification de l'anatomie de l'abeille. Ces insecticides affectent ainsi le cycle de vie des insectes (abeilles) (Aufauvre, 2013). En conséquence, il en résulte une perturbation de la chaîne trophique, de l'équilibre écosystémique et de la destruction des espèces non ciblées.

Force est de reconnaître que l'intensification de la lutte chimique contre le paludisme offre du répit aux populations endémiques même si dans le cadre du Burkina Faso, les résultats restent mitigés. Soulignons d'ailleurs que Moulineaux (1997) relevait que dans les zones à forte transmission palustre comme c'est le cas au Burkina Faso, l'impact des MII dans la réduction de la morbidité palustre à long terme sera probablement moins important qu'il ne l'est à court terme. Par ailleurs, l'examen des effets délétères des pyréthrinoïdes sur la santé humaine et sur l'environnement, de même que la dépendance quasi totale du PNLP aux financements extérieurs conjugué à la crainte d'une baisse des efforts de lutte subséquente à la baisse des contributions extérieures et la résistance émergente des vecteurs aux insecticides incitent à intégrer des alternatives écosystémiques dans la lutte contre l'endémie afin de préserver les acquis et de favoriser l'autonomie des populations locales à la prise en charge de leur santé.

CHAPITRE VI

INTERVENTIONS CENTRÉES SUR UNE APPROCHE ÉCOSANTÉ

Les préoccupations écologiques et sanitaires qu'engendre la lutte chimique actuelle contre les vecteurs de maladies suscitent des inquiétudes et incitent plusieurs organismes (OMS, PNUE, etc.) à réexaminer les possibilités d'alléger le fardeau des maladies vectorielles par l'amélioration de l'environnement (van den Berg, 2009 ; Pruss-Ustun et Corvalan, 2007). La gestion environnementale contre les vecteurs (WHO, 1982) semble avoir bénéficié de trop peu d'attention de la part des différents partenaires de la lutte contre l'endémie palustre pour diverses raisons dont le coût et les bénéfices non immédiats et parfois incertains (Keiser *et al.*, 2005). Elle a été réhabilitée avec l'adoption de la stratégie mondiale de lutte contre l'endémie à la conférence d'Amsterdam en 1992 (OMS, 2006) et par le Partenariat RBM en 1998 (RBM, 2008).

Plus récemment, l'initiative conjointe (HELI : Health and Environment Linkages Initiative) de l'OMS et du PNUE s'oriente dans cette même veine avec pour but d'intégrer les préoccupations sanitaires, environnementales et socioéconomiques dans la lutte contre le paludisme en promouvant la gestion intégrée de lutte contre les vecteurs, en anglais IVM (Integrated Vector Management) :

[...] IVM aims to improve the efficacy, cost-effectiveness, ecological soundness and sustainability of disease vector control. [...] IVM encourages a multi-disease control approach, integration with other disease control measures and the considered and systematic application of a range of interventions, often in combination and synergistically. [...] IVM strategies are designed to achieve the greatest disease-control benefit in the most cost-effective manner, while minimizing negative impacts on ecosystems (e.g. depletion of biodiversity) and adverse side-effects on public health. Possible health risks range from acute exposures to pesticides and their residues to bio-

accumulation of toxic chemicals, as well as the development of vector resistance to some widely-used pesticides and drugs¹³.

Dans leur revue de littérature sur l'efficacité des interventions de la gestion environnementale contre les vecteurs du paludisme, Keiser *et al.* (2005) ont identifié 40 publications scientifiques parmi lesquelles 27 articles avaient trait à la modification de l'environnement (conservation saine des eaux de boissons, nivellement des terrains ravinés, curage des caniveaux, etc.). De ceux-là, seize relatent des expériences qui avaient permis de réduire le risque de survenue du paludisme de 88 % (Keiser *et al.*, 2005). En outre, quatre articles portaient sur la manipulation environnementale et les neuf autres traitaient de la modification de l'habitat dont huit décrivaient des interventions qui avaient également permis de réduire le risque palustre de 79,5 % (Op. cit.). La mise en œuvre des interventions de gestion environnementale au Mexique a permis après trois années d'application de réduire de 70 % la densité larvaire et de 80 % celle des moustiques adultes entraînant une régression du nombre des cas de paludisme de 17 855 en 1998 à 289 cas en 2001 dans la communauté d'Oaxaca (IPEN, 2007 cité dans PAN Germany, 2010).

6.1. La gestion environnementale contre les vecteurs

L'OMS définit la gestion environnementale comme étant « la planification, l'organisation, l'exécution et le suivi des activités de modification et/ou d'intervention sur les facteurs environnementaux ou leur relation avec l'être humain avec pour but de prévenir ou de minimiser la multiplication du vecteur et réduire le contact entre l'homme et l'agent pathogène » (WHO, 1982). Elle comporte la

¹³ OMS et PNUE [s.d.]. *The health and environment linkages initiative*. Récupéré de [http : www.who.int/heli/en/](http://www.who.int/heli/en/)

modification de l'environnement, les interventions dans l'environnement et la protection individuelle sans pesticides auxquelles s'ajoutent les pièges et les cibles.

6.1.1. Les modifications environnementales

Elles visent à « agir de façon permanente sur la configuration des sites de reproduction des moustiques (eau, végétation, etc.) en vue de réduire l'habitat des vecteurs » (WHO, 1982). Dans les villages du Burkina Faso, en dehors de quelques retenues d'eau (naturelles ou barrages) qui persistent tout au long de la saison sèche, les sites de ponte des anophèles découlent généralement des pratiques quotidiennes des habitants. Il s'agit d'abord des modalités de conservation des eaux de boissons (utilisation de jarres, de barriques, de canaris, etc.) pour les humains et pour les animaux (volaille, bétail). Parfois, ces eaux sont stockées dans des contenants non couvertes et peuvent stagner pendant le temps nécessaire aux œufs de moustiques d'achever leur cycle de développement. Il s'agirait donc dans de tels cas de promouvoir l'amélioration de la conservation des eaux incluant des récipients fermés. Le changement de ces eaux à des périodes de temps régulières tout en tenant compte du cycle de développement de l'anophèle qui sévit dans le milieu (durée de vie des larves, etc.) est également bénéfique. Les mini-fûts couverts munis de robinets à la base, la réutilisation des bidons, etc. peuvent contribuer à réduire les habitats des anophèles et à réduire également le risque de parasitoses intestinales et de maladies diarrhéiques constituant non seulement un fardeau pour les enfants et leur mère, mais souvent une sérieuse menace à la vie des jeunes enfants. À titre d'exemple, les stratégies de gestion écosystémique des paysans sri-lankais pour parvenir à contrôler les vecteurs de maladies comprenaient la couverture des réservoirs d'eau dans les foyers (Yasuoka *et al.*, 2006).

Autre type d'intervention, la fabrication des briques et autres matériaux de construction de maisons se déroule habituellement aux alentours des concessions. Ces terrains inégaux et ravinés constituent alors, surtout en saison hivernale des réceptacles d'eau de pluie propices à la ponte des anophèles. Le nivèlement de ces trous avec de la terre et des matières végétales telles que les tiges et les feuilles mortes pourrait constituer une occasion pour faire du compostage en plus de réduire l'abondance des moustiques. Au Kenya (Biovision, 2009 cité dans PAN Germany, 2010) et en Inde (PAN Germany, 2010), le remplissage des flaques d'eau, l'assèchement des réservoirs d'eau stagnante et le remplissage des fossés ont été intégrés aux stratégies déployées pour réduire les habitats des vecteurs de maladies.

Dans les zones urbanisées, ces modifications environnementales se résument souvent à améliorer l'assainissement par le curage des caniveaux et l'élimination des dépôts d'ordures pour anéantir les populations anophéliennes. À cet effet, De Silva et Marshall (2012) remarquaient une densité de parasitémie élevée au sein des habitants des bidonvilles périphériques africains liés à l'absence quasi totale de mesures d'assainissement. En ville tout comme au village, l'hygiène et l'assainissement du milieu de vie jouent un rôle capital pour limiter les moustiques (Yamamoto *et al.*, 2010). À titre d'exemple, les boîtes de conserve, etc. éparses dans l'environnement peuvent en saison pluvieuse recueillir de l'eau et constituer des sites de ponte des moustiques. Il en est de même des fosses septiques et des eaux stagnantes issues des douches.

6.1.2. Les interventions dans l'environnement

Nombre d'activités peuvent également réduire les sites de reproduction des larves en introduisant des changements temporaires dans le milieu. Ainsi, les besoins croissants

de terres cultivables ont conduit à réduire la superficie du papyrus, ce qui a été associé à une hausse de l'abondance des anophèles dans les régions montagneuses ougandaises (Besancenot, 2007). On pourrait donc en déduire que la plantation d'espèces locales connues comme étant insectifuges à l'image du papyrus, etc. dans les milieux humides et aux alentours des habitations pourrait en effet contribuer à limiter l'abondance des moustiques.

En outre, l'abondance des matières végétales dans les plans d'eau favorise la présence d'anophèles femelles gravides (Herrera-Varela *et al.*, 2014). Par conséquent, l'enlèvement régulier de la végétation des plans d'eau situés à proximité des habitations diminue l'offre de réceptacles à l'anophèle. Ainsi, à Oaxaca, « l'enlèvement mensuel des filaments d'algues vertes des rivières et des courants d'eau » par la communauté a contribué à réduire les sites de reproduction des anophèles (PAN Germany, 2010). Ici, aussi des interventions en amont pour limiter la prolifération des algues dans les cours d'eau (surtout proches des habitations) s'avèrent nécessaires ainsi que des modalités saines pour leur traitement.

Les retenues d'eau jouent un rôle prépondérant dans l'économie du pays surtout en saison sèche pour l'atteinte de l'autosuffisance alimentaire (agriculture de contre saison, maraîchage, élevage). Ces eaux servent également aux besoins de la construction. Cependant, les conditions générées par les périmètres irrigués favorisent le pullulement des moustiques (Thomas *et al.*, 2012). L'irrigation intermittente pratiquée dans ces types de périmètres au Kenya (CRDI, 2003 cité dans PAN Germany, 2010) a été associée à une baisse de la population des moustiques sans affecter pour autant le rendement agricole (Qunhua *et al.*, 2004). Ces innovations mériteraient d'être intégrées dans la Politique nationale de développement durable de l'agriculture irriguée (PNDDAI).

6.1.3. Les stratégies de protection individuelle

Les récents savoirs sur le comportement du moustique établissent à environ trois km la distance moyenne de vol des moustiques (Carnevale et Robert, 2009). Ces connaissances interpellent donc les gestionnaires de l'urbanisation et les politiques dans la planification des villes et des retenues d'eau.

Les anophèles femelles étant plus actifs du crépuscule au lever du soleil pour leurs repas sanguins, le port de chemises à manches longues et de pantalons longs ainsi que l'utilisation de répulsifs à base d'essences végétales à ces périodes critiques surtout chez les noctambules doivent être promus et encouragés au sein des populations. À ce propos, Ghosh *et al.* (2012) relèvent dans leur étude l'efficacité de l'usage des répulsifs faits d'essences végétales (neem, etc.).

Les changements climatiques avec leur corollaire d'amenuisement de la quantité annuelle de pluie au Burkina Faso (GIEC, 2013) obligent à promouvoir des stratégies d'adaptation dans le domaine agricole pour améliorer les rendements (MECV, 2007). Parmi elles, les demi-lunes (technique agricole pratiquée dans les zones arides consistant à faire des creux de quelques mètres et à former des monticules en bordures en forme de demi-lunes afin de recueillir les eaux de pluie pour y faire pousser les semis) surtout dans la partie nord et sahélienne du pays peuvent occasionner la prolifération des anophèles. Il serait alors plus rentable de mettre en œuvre ces techniques agricoles en tenant compte de la distance moyenne de vol du vecteur local avec les habitations.

Le gardiennage des animaux à proximité des habitations peut réduire le contact humain vecteur en déroutant certains vecteurs du paludisme des sujets humains vers les animaux. S'interroger sur l'impact des piqûres sur les animaux mérite une attention. Cependant, une étude de Yamamoto *et al.* (2009) à Nouna dans la zone sud du Burkina Faso montre au contraire que la promiscuité des humains avec le bétail

peut conduire à une hausse de la densité anophélienne. La séparation du bétail d'avec les habitations est une mesure citée comme ayant contribué à vaincre le paludisme en Europe selon Reiter (2008). Ces résultats appellent donc les populations à tenir à une distance sécuritaire les enclos pour le bétail afin de réduire le contact humain vecteur.

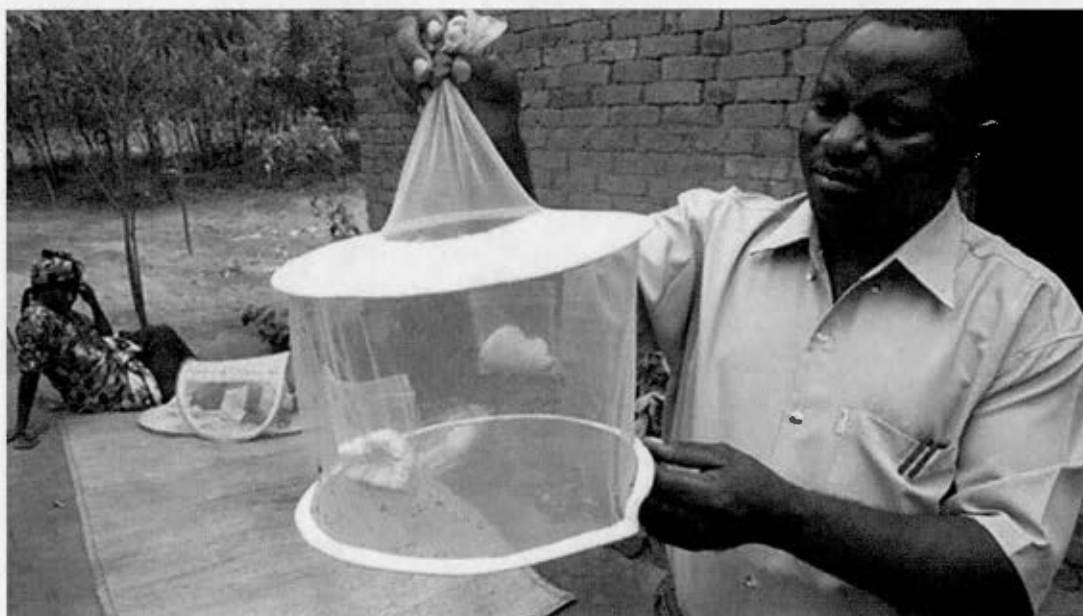
Sans dénier le rôle du DDT au cours de la première campagne mondiale d'éradication du paludisme dans l'élimination de l'endémie aux États-Unis et en Europe, Reiter (2008) rappelle que ce sont surtout les innovations relatives à l'urbanisation et à l'hygiène de l'habitat qui ont permis de réduire la présence des vecteurs du paludisme : aménagement d'espaces réservés aux animaux, espacement des immeubles, barrières de protection au niveau des dispositifs d'aération et de ventilation, etc. L'amélioration de l'habitat par l'installation de barrières de protection (grillage, etc.) aux fenêtres, plafond et avant-toits, permet de réduire l'entrée des vecteurs (endophiliques et endophagiques) du paludisme dans les maisons (Kampango *et al.*, 2013). Or au Burkina Faso, l'INSD (2015) indiquait qu'en 2009, 23,6 % de burkinabè habitaient dans un logement dont le toit est fait de paille ou de chaume, 18,5 % en terre et 56, 5 % en tôles sans aucune indication sur l'installation de barrières protectrices contre les moustiques. Il semble ainsi nécessaire de se pencher sur les types d'habitats rencontrés au pays et la présence d'anophèles dans ces derniers.

6.1.4. Les pièges

Face à la notification croissante des cas de résistance de vecteurs à certaines insecticides, les pièges peuvent constituer une alternative pour parer aux piqûres de moustiques. Le piège à entonnoir construit par Diabaté *et al.* (2013) a permis de réduire de 70 à 80 % la densité des moustiques dans les maisons enrôlées pour les

essais. Pour accroître leur efficacité, ces pièges peuvent être appâtés par des odeurs humaines synthétiques (Okumu *et al.*, 2010) ou par des produits locaux attractants : goyave, melon miel, etc. (Muller *et al.*, 2010). Ces techniques de leurre à l'exception du piège entonnoir sont mieux indiquées pour les vecteurs qui se nourrissent à l'extérieur des maisons (exophagiques).

Figure 6.1
Exemple de piège à entonnoir¹⁴



6.2. La lutte biologique

Les stratégies actuelles de lutte contre le paludisme mises en œuvre par RBM visent préférentiellement les moustiques adultes. Les interventions en gestion environnementale qui ciblent essentiellement les larves de moustiques peuvent être

¹⁴ Sci Dev Net : rapprocher la science et le développement [s.d.]. Un piège à entonnoir pour lutter contre les moustiques. Récupéré de <http://www.scidev.net/afrique-saharienne/paludisme/actualites/un-pi-ge-entonnoir-pour-lutter-contre-les-moustiques.html>

renforcées par les méthodes de lutte biologique (Kamareddine, 2012). À titre d'exemple, les poissons larvivores introduits à Gujarat en Inde pour contrôler la reproduction des moustiques ont donné des résultats encourageants : les larves ont été trouvées dans seulement 6,9 % des puits de l'étude contre 29,3 % des puits dans les zones de contrôle. En outre ces poissons larvivores ont généré une hausse des revenus pour les habitants si bien que le nombre de villages participatifs a cru de 13 à 23 en 2008 (Kant *et al.*, 2013). Dans la capitale du Burkina Faso, le projet pilote de lutte antilarvaire aux bio larvicides (Bastivec et Griselesf) financé par l'UEMOA et conduit par une équipe cubaine de novembre 2012 à septembre 2013 a permis la réduction de la densité larvaire dans les gîtes traités de 97,5 % pour *Anophèles* et de 94,1 % pour *Culex* (S. Kaboré, conversation électronique, 11 décembre 2014).

La mise en œuvre de ces stratégies écosystémiques de lutte déniaient et/ou limitant le recours massif aux substances chimiques au Burkina Faso pourrait réduire l'incidence de la maladie tout en modifiant les liens de dépendance à l'égard des bailleurs de fonds qui financent les MII, etc. et pour offrir des alternatives beaucoup plus viables aux communautés ainsi que des outils nécessaires d'adaptation. Ces interventions à la fois durables puisque intégrées au milieu de façon plus permanente et reproduites par les individus de la communauté ont moins d'effets sur l'écosystème, favorisent une meilleure utilisation des ressources locales et engendrent un coût minime à long terme. Les populations locales ainsi que les divers déterminants suscités qui expliquent la prévalence du paludisme mériteraient d'être étudiés pour mieux camper la lutte contre cette endémie.

6.3. Commentaires

Il se dégage de cette exploration que les communautés locales constituent un véritable tremplin pour mettre en œuvre des mesures de gestion environnementale. La réalisation de travaux sur les infrastructures d'eaux, sur les modifications durables de l'urbanisme, de l'habitat, de l'agriculture, de l'élevage et des moyens concrets (bidons fermés, pièges, etc.) à moyen et à long terme permettront à court terme de réduire l'incidence du paludisme.

Bien que l'onchocercose ne soit pas transmise par des moustiques, Amazigo (2008) souligne que l'APOC (Programme africain de lutte contre l'onchocercose) est parvenu à éliminer la maladie des pays africains endémiques via un partenariat public-privé en privilégiant une stratégie de traitement sous directives communautaires. La stratégie de l'APOC était basée sur la responsabilisation de chaque communauté. Cette stratégie procurait maints avantages parmi lesquels la lutte contre la maladie cible, l'amélioration générale de la santé de la communauté, l'augmentation de la production alimentaire en plus d'offrir l'opportunité d'intégrer d'autres problématiques sanitaires.

Cela laisse penser que le programme de lutte contre le paludisme gagnerait en efficacité en décentralisant ses activités de lutte et surtout en privilégiant des stratégies de soutien à la mobilisation des communautés. Les programmes appliqués à de petites échelles tiennent mieux compte des spécificités locales, accroissent l'adhésion des communautés et facilitent la réussite des projets. Ainsi, Castro *et al.* (2009) soulignent parmi les conditions propices à la réussite des mesures de lutte : la volonté et l'engagement politiques, la sensibilisation et la participation communautaire, la fourniture de ressources financières et de réparations structurelles et la collaboration intersectorielle. Le processus de communalisation entrepris depuis 2006 au Burkina Faso offre ainsi l'occasion aux autorités locales et à leurs

populations en partenariat avec les techniciens de la santé publique d'asseoir des programmes de lutte adaptés et efficaces.

Les interventions communautaires doivent se conjuguer avec un enseignement adéquat sur la maladie auprès des individus et plus particulièrement des femmes, qui sont dans les faits les premières responsables de la santé des enfants. L'enseignement facilite la participation communautaire (Atkinson *et al.*, 2011). Il importe donc, dans cet effort de lutte, d'accroître les connaissances des populations sur les facteurs environnementaux susceptibles d'augmenter leurs risques de contracter la maladie ainsi que des moyens locaux pour y parer afin de favoriser la pleine participation de tous les groupes d'âge. Les activités d'enseignement visent les agents de santé communautaire et les populations locales. L'éducation relative à l'environnement (Berthelot, 2008) justifie ici sa pertinence. La formation des agents de santé communautaires (ASC) vise un double objectif : relayer les messages des structures locales de santé pour renforcer les savoirs des populations et constituer une « police douce » afin de rappeler aux populations la nécessité de maintenir les acquis. Par exemple, à Beer au Sénégal dans le cadre du projet : « lutter contre le paludisme sans le DDT » de PAN Africa, outre les diverses activités de sensibilisation menées, les ASC formés rendaient visite aux ménages pour discuter des actions spécifiques pouvant les aider à réduire les facteurs environnementaux de risque du paludisme (PAN Germany et PAN Africa, 2013).

On constate en effet que les séances de sensibilisation sporadiques au pic de l'incidence de la maladie ne sont guère efficaces pour diminuer la prévalence du paludisme et surtout pour endiguer ses causes. Au Sénégal, des activités d'enseignement régulières et continues sur le paludisme, ont été intégrées à l'école du village comme ce fut le cas à Beer dans le cadre du projet de lutte contre le paludisme sans le DDT (PAN Germany et PAN Africa, 2013). Au Ghana, Ayi *et al.* (2010) ont aussi remarqué que les écoliers constituent des messagers importants pour répandre

les comportements favorables à la santé. L'intégration dans les programmes scolaires des savoirs sur le paludisme et le recours régulier aux médias constituent des interventions susceptibles de favoriser l'adoption de comportements adéquats à l'encontre des vecteurs du paludisme. Ces activités d'enseignement mériteraient d'être encouragées par les pouvoirs publics et notamment par les instances sanitaires dans leur programme global de lutte contre le paludisme.

La prise en charge du paludisme simple à domicile par les ASC (de l'anglais Home Management Malaria) réduit d'une part la charge de travail des structures de santé et d'autre part, réduit l'évolution de la maladie vers sa forme grave diminuant donc la mortalité des enfants (Uneka, 2009). En dépit de la volonté politique (MS, 2012), force est de constater que plusieurs insuffisances ne permettent pas l'autonomisation des ASC et des communautés (Druetz *et al.*, 2015). Notons parmi ces facteurs pour le Burkina Faso, la non-intégration ou la faible attention accordée aux stratégies écosystémiques de lutte contre la maladie, la non-planification des activités dans la durée ; la faible implication des collectivités territoriales, l'absence de motivation financière des ASC, la non-intégration des activités communautaires accentuées par les programmes verticaux de santé, etc. (MS, 2012). Il faut donc souligner que cette forme de promotion de la santé communautaire ne donne pas toujours aux ASC et à leurs communautés respectives la capacité d'asseoir des activités durables, se contentant alors d'exécuter les décisions proposées par les programmes de santé.

Samadoulougou *et al.* (2014) ont aussi remarqué dans leur étude au Burkina Faso que les ménages riches et les mères avec un niveau d'enseignement supérieur courent deux fois moins de risque par an de tomber malade du paludisme. La lutte contre la pauvreté s'avère être donc une stratégie qui pourrait favoriser l'atteinte des objectifs de lutte contre l'endémie.

CONCLUSION

En 2015, 97 pays et territoires demeuraient toujours confrontés à une transmission continue du paludisme et quinze pays majoritairement de l'Afrique subsaharienne concentraient à eux seuls 80 % des cas de paludisme et 78 % des décès associés à la maladie enregistrés au niveau mondial (OMS, 2015). Le Burkina Faso se positionne au 9^e rang dans la déclaration des cas de paludisme et au 7^e rang dans la déclaration des décès associés à la maladie (OMS, 2015). Dans ce pays, le paludisme est endémique et toute la population demeure exposée au risque de contracter la maladie avec des flambées épidémiques à la saison des pluies (Carnevale et Robert, 2009). Au Burkina Faso, le paludisme représentait en 2011, dans les structures de santé 45,4 % des consultations, 52,5 % des hospitalisations et 34,2 % des décès. Les enfants de moins de cinq ans et les femmes enceintes constituent les tranches de la population les plus vulnérables à la maladie (OMS, 2015 ; Carnevale et Robert, 2009).

Les efforts de lutte entrepris ces dernières années contre le paludisme contribuent largement à réduire la morbidité et la mortalité liées à l'endémie même si la réduction du fardeau lié au paludisme n'est pas encore très notable au Burkina Faso. La lutte antivectorielle promue par le Partenariat Roll Back Malaria et ses partenaires est essentiellement axée sur la distribution à grande échelle des moustiquaires imprégnées d'insecticides (MII) complétée dans certaines zones par la pulvérisation intra domiciliaire (PID) à l'aide d'insecticides à effet rémanent. Ces interventions sont à la fois très coûteuses, induisent une dépendance de la population envers les partenaires et suscitent des inquiétudes sur le plan écologique et sanitaire.

Très souvent présentés comme l'insecticide le plus sécuritaire dans les activités de lutte contre les vecteurs de maladies, les pyréthrinoides sont la seule famille de substances chimiques à la fois utilisées pour le traitement des moustiquaires et pour la

PID. La résistance émergente des vecteurs vis-à-vis de cette classe d'insecticide conjugué aux préoccupations écologiques et sanitaires se font de plus en plus actuelles et inquiètent les différents acteurs. En effet, l'examen de la littérature scientifique laisse entrevoir que l'exposition aux pyréthrinoïdes n'est pas si inoffensive et plusieurs études révèlent qu'ils sont très toxiques pour certains organismes aquatiques (poissons, etc.) ainsi que pour les auxiliaires de l'agriculture dont les abeilles. L'exposition à cette famille d'insecticides est de plus en plus documentée dans la survenue des maladies neurodégénératives et endocriniennes. La pollution subséquente à l'insuffisance de la collecte des emballages plastiques et des vieilles MII constitue également une atteinte à l'environnement.

L'imbrication de multiples facteurs biotiques et abiotiques dans la genèse du paludisme, les insuffisances de la lutte centrée sur certains insecticides et la résistance croissante des vecteurs aux pyréthrinoïdes obligent à concevoir et/ou vulgariser les interventions de lutte holistiques et écosystémiques dont la gestion environnementale contre les vecteurs de maladies. La revue de littérature sur cette question a permis de noter des exemples de succès de lutte contre la maladie à travers la gestion environnementale contre les vecteurs dans plusieurs régions du monde. La mise en œuvre de ces types de stratégies et la communautarisation des activités de lutte conjuguées au renforcement des rôles des agents de santé communautaire au Burkina Faso sont souhaitables pour amenuiser à la fois le fardeau du paludisme et les effets délétères des pyréthrinoïdes. En outre, elle permet d'accroître l'autonomisation des activités de lutte et l'autonomie des populations vis-à-vis de l'aide internationale et offre les rudiments nécessaires d'adaptation contre la maladie face aux changements du climat. De plus, du fait que leur mise en œuvre requiert des activités communautaires, la gestion environnementale contre les vecteurs du paludisme tient compte des réalités locales relatives à l'environnement, à l'économie et au social. Elles offrent ainsi l'occasion aux différents savoirs de se côtoyer et de s'exprimer sans hiérarchie tout en favorisant la participation de tous les membres.

Cette recherche rétrospective à visée descriptive s'est appuyée sur une revue de littérature scientifique pour examiner l'impact des pyréthriinoïdes sur l'environnement et sur la santé humaine. Elle visait également à identifier des stratégies de lutte écosystémiques contre la maladie dont l'application permettrait de réduire le poids de la maladie. Cette recherche s'est voulue à la fois un outil de sensibilisation et une invitation à réfléchir sur les conséquences futures des insecticides utilisés dans la lutte contre les vecteurs de maladies. Bien que cette recherche nous ait permis de comprendre davantage les sujets traités, force est de souligner qu'elle comporte certaines insuffisances dont la réduction pourrait contribuer à mieux élucider les activités de lutte et réduire ainsi la prévalence de la maladie. L'examen de la littérature scientifique sur l'impact de l'exposition aux pyréthriinoïdes sur la santé humaine et dans l'environnement recensé ici provient en majorité des régions fortement agricoles où leur application est à la fois régulière et intense. Il faut souligner l'insuffisance et/ou le manque d'études spécifiques sur les impacts de ces interventions dans les zones endémiques de paludisme en Afrique et au Burkina Faso.

La communautarisation de la lutte à travers les interventions de la gestion environnementale contre les vecteurs du paludisme se positionne comme une alternative parfaitement crédible à la fois pour réduire la morbidité et la mortalité de la maladie dans la communauté mais aussi un moyen pour réduire l'utilisation de certains insecticides et leurs effets délétères. En effet, il s'agit de donner aux populations des méthodes de lutte durables pour s'adapter aux éventuelles modifications de l'évolution de la maladie. La promotion de ces mesures réduirait, en outre, la dépendance de ces populations vis-à-vis des financements extérieurs.

APPENDICE A
SITUATION DU PALUDISME AU BURKINA FASO DE 2004 À 2013

ANNÉE	Cas de paludisme grave	Cas de décès	Prévalence du paludisme
2004	284 578	4205	0,14
2005	261 927	5224	0,15
2006	289 097	6430	0,17
2007	297 797	5714	0,21
2008	356 577	7834	0,25
2009	331 924	6326	0,3
2010	390 014	8982	0,36
2011	351 783	6899	0,31
2012	473 508	7963	0,46
2013	439 104	7976	0,4

Source des données : annuaires statistiques du Ministère de la Santé de 2005 à 2014.

BIBLIOGRAPHIE

- Amazigo, U. (2008). The african program for onchocerciasis control (APOC). *Annals of tropical medicine and parasitology*, 102(1), 19-22.
- Arduino, D.M., Esteves, A.R., Cardoso, S.M. et Oliveira, C.R. (2009). Endoplasmic reticulum and mitochondria interplay mediates apoptotic cell death: relevance to Parkinson's disease. *Neurochemistry international*, 55(5), 341-348.
- Association française des enseignants de parasitologie et mycologie médicales (2007). *Parasitoses et mycoses des régions tempérées et tropicales*. Issy-les-Moulineaux, France : Elsevier Masson.
- Atkinson, J.-A., Vallely, A., Fitzgerald, L., Whittaker, M. et Tanner, M. (2011). The architecture and effect of participation: a systematic review of community participation for communicable disease control and elimination. Implications for malaria elimination. *Malaria journal*, 10(225), non paginé.
- Aufauvre, J. (2013). *Impacts de la microsporidie Nosema ceranae et d'insecticides neurotoxiques sur la santé de l'abeille domestique (Apis mellifera)*. Thèse de doctorat. Université Blaise Pascal à Paris, France.
- Ayi, I., Nonaka, D., Adjovu, J.K., Hanafusa, S., Jimba, M., Bosompem, K.M., Mizoue, T., Takeuchi, T., Boakye, D.A. et Kobayashi, J. (2010). School-based participatory health education for malaria control in Ghana: engaging children as health messengers. *Malaria journal*, 9(98), non paginé.
- Baragatti, M., Fournet, F., Henry, M.-C., Assi, S., Ouédraogo, H., Rogier, C. et Salem, G. (2009). Social and environmental malaria risk factors in urban areas of Ouagadougou, Burkina Faso. *Malaria journal*, 8(13), non paginé.
- Barr, D.B., Olsson, A.O., Wong, L.Y., Udunka, S., Baker, S.E., Whitehead, R.D., Magsumbol, M.S., Williams, B.L. et Needham, L.L. (2010). Urinary concentrations of metabolites of pyrethroid insecticides in the general U.S. population: national Health and Nutrition Examination Survey 1999–2002. *Environmental health perspectives*, 118(6), 742-748.
- Bhatt, S., Weiss, D.J., Cameron, E., Bisanzio, D., Mappin, B., Dalrymple, U., Battle, K.E., Moyes, C.L., Henry, A., Eckhoff, P.A., Wenger, E.A., Briet, O., Penny, M.A., Smith, T.A., Bennett, A., Yukich, J., Eisele, T.P., Griffin, J.T., Fergus, C.A.,

- Lynch, M., Lindgren, F., Cohen, J.M., Murray, C.L.J., Smith, D.L., Hay, S.I., Cibulskis, R.E. et Gething, P.E. (2015). The effect of malaria control on *Plasmodium falciparum* in Africa between 2000 and 2015. *Nature*, 526(7572), 207-211.
- Baudon, D. (2010). Les faciès épidémiologiques des paludismes en Afrique subsaharienne : conséquences pour la lutte antipaludique. *Sciences et médecines d'Afrique*, 2(1), 141-145.
- Beck-Johnson, L.M., Nelson, W.A., Paaijmans, K.P., Read, A.F., Thomas, M.B. et Bjornstad, O.N. (2013). The effect of temperature on *Anopheles* mosquito population dynamics and the potential for malaria transmission. *PLoS One*, 8(11), e79276.
- Belpomme, D., Irigaray, P., Ossondo, M., Vacque, D. et Martin, M. (2009). Prostate cancer as an environmental disease: an ecological study in the French Caribbean islands, Martinique and Guadeloupe. *International Journal of Oncology*, 34(4), 1037-1044.
- Berthelot, M. (2008). La dimension critique de l'éducation relative à l'environnement dans un pays en développement : réflexions issues d'une expérience sénégalaise. *Éducation Relative à l'Environnement*, 7, 109-132.
- Besancenot, J.P. (2007). Maladies infectieuses et climat. *Médecine et maladies infectieuses*, 37, S37-S39.
- Bombliès, A. (2012). Modeling the role of rainfall patterns in seasonal malaria transmission. *Climate change*, 112(3-4), 673-685.
- Bombliès, A., Duchemin, J.B. et Eltahir, E.A.B. (2008). Hydrology of malaria: model development and application to a Sahelian village. *Water resources research*, 44, W12445.
- Bouwman, H., Sereda, B. et Meinhardt, H.M. (2006). Simultaneous presence of DDT and pyrethroid residues in human breast milk from a malaria endemic area in South Africa. *Environmental pollution*, 144(3), 902-917.
- Cao, Z., Shafer, T.J. et Murray, T.F. (2011). Mechanisms of pyrethroid insecticide induced stimulation of calcium influx in neocortical neurons. *Journal of pharmacology and experimental therapeutics*, 336(1), 197-205.
- Carnevale, P. et Robert, V. (2009). *Les anophèles : biologie, transmission du Plasmodium et lutte antivectorielle*. Marseille, France: Éditions IRD.

- Caruana, M.C. (2013). A new breed of model estimating the impact of climate change on malaria transmission. *Environmental health perspectives*, 121(10), A310.
- Carson, R. (1962). *Silent Spring*. Boston University Press. Boston, Massachusetts.
- Castro, M.C., Tsuruta, A., Kanamori, S., Kannady, K. et Mkude, S. (2009). Community-based environmental management for malaria control: evidence from a small-scale intervention in Dar es Salaam, Tanzania. *Malaria journal*, 8(57), non paginé.
- Caulfield, L.E., Richard, S.A. et Black, R.E (2004). Undernutrition as an underlying cause of malaria morbidity and mortality in children less than five years old. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 71(2), 55-63.
- Charron, F.D. (dir.) (2014). La recherche écosanté en pratique : applications novatrices d'une approche écosystémique de la santé. Centre de recherches pour le développement international (CRDI) : Ottawa, Canada. Récupéré de <http://idl-bnc.idrc.ca/dspace/bitstream/10625/52819/1/IDL-52819.pdf>
- Chen, D., Huang, X., Liu, L. et Shi, N. (2007). Deltamethrin induces mitochondrial membrane permeability and altered expression of cytochrome C in rat brain. *Journal of applied toxicology*, 27(4), 368-372.
- Chouaibou, M., Etang, J., Brévault, T., Nwane, P., Hinzoumbé, C.K., Mimpfoundi, R. et Simard, F. (2008). Dynamics of insecticide resistance in the malaria vector *Anopheles gambiae* s.l. from an area of extensive cotton cultivation in Northern Cameroon. *Tropical medicine and international health*, 13(4), 476-486.
- Clark, J.M. et Symington, S.B. (2008). Neurotoxic implications of the agonistic action of CS-syndrome pyrethroids on the N-type Ca (v) 2.2 calcium channel. *Pest management science*, 64(6), 628-638.
- Cohen, J.M., David, L.S., Chris, C., Abigail, W., Gavin, Y., Oliver, J.S. et Bruno, M. (2012). Malaria resurgence: a systematic review and assessment of its causes. *Malaria journal*, 11(122), non paginé.
- Colborn, T. (2006). A case for revisiting the safety of pesticides: a closer look at neurodevelopment. *Environmental Health perspectives*, 114(1), 10-17.
- Colborn, T. et Carroll, L. (2007). Scholarly review: pesticides, sexual development, reproduction and fertility: current perspective and future direction. *Human and ecological risk assessment*, 13(5), 1078-1110.

- United Nations Environment Programme (2011). Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs). Récupéré de <http://chm.pops.int/Convention/ConventionText/tabid/2232/Default.aspx>
- Colborn, T., Dumanoski, D., et Myers, J.P. (1996). *Our stolen future: are we threatening our fertility, intelligence, and survival? A scientific detective story*. New York: Dutton Books.
- Cotter, C., Sturrock, H.J., Hsiang, M.S., Liu, J., Phillips, A.A., Hwang, J., Gueye, C.S., Fullman, N., Gosling, R.D. et Feachem, R.G. (2013). The changing epidemiology of malaria elimination: new strategies for new challenges. *Lancet*, 382(9895), 900-911.
- Dabiré, K.R., Namountougou, M., Diabaté, A., Soma, D.D., Bado, J., Toé, H.K., Bass, C. et Combar, P. (2009). Distribution of pyrethroid and DDT resistance and the L101F kdr mutation in *Anopheles gambiae* s.l. from Burkina Faso (West Africa). *Transactions of the royal society of tropical medicine and hygiene*, 103(11), 1113-1120.
- Darriet, F., Marcombe, S. et Corbel, V. (2007). *Insecticides larvicides et adulticides alternatifs pour les opérations de démoustication en France*. IRD : auteurs.
- De Allegri, M., Louis, V.R., Tiendrébéogo, J., Souares, A., Yé, M., Tozan, Y., Jahn, A. et Mueller, O. (2013). Moving towards universal coverage with malaria control interventions: achievements and challenges in rural Burkina Faso. *International journal of health planning and management*, 28(1), 102-121.
- De Silva, P.M. et Marshall, J.M. (2012). Factors contributing to urban malaria transmission in sub-Saharan Africa: a systematic review. *Journal of tropical medicine*, 2012(819563), 1-10.
- Diabaté, A., Bilgo, E., Dabiré, R.K. et Tripet, F. (2013). Environmentally friendly tool to control mosquito populations without risk of insecticide resistance: The Lehmann's funnel entry trap. *Malaria journal*, 12(196), non paginé.
- Druetz, T., Zongo, S. et Ridde, V. (2015). Le retour de la conception biomédicale du paludisme dans les institutions internationales. *Mondes en développement*, 2(170), 41-58.
- Elwan, M.A., Richardson, J.R., Guillot, T.S., Caudle, W.M. et Miller, G.W. (2006). Pyrethroid pesticide-induced alterations in dopamine transporter function. *Toxicology and applied pharmacology*, 211(3), 188-197.

- Ermert, V., Fink, A.H., Morse, A.P. et Paeth, H. (2012). The impact of regional climate change on malaria risk due to greenhouse forcing and land-use changes in tropical Africa. *Environmental health perspectives*, 120(1), 77-84.
- Eskenazi, B., Chevrier, J., Rosas, L.G., Anderson, H.A., Bornman, M.S., Bouwman, H., Chen, A., Cohn, B.A., de Jager, C., Henshel, D.S., Leipzig, F., Leipzig, J.S., Lorenz, C.E., Snedeker, S.M. et Stapleton, D. (2009). The pine river statement: human health consequences of DDT use. *Environmental health perspectives*, 117(9), 1359-1367.
- Forget, G. et Lebel, J. (2001). An ecosystem approach to human health. *International journal of occupational and environmental health*, 7(2), s3-s38.
- Fortin, M.-C. (2009). *Développement, application et validation d'une nouvelle stratégie de mesure des indicateurs biologiques de l'exposition aux pyréthriinoïdes et aux pyréthrine chez l'humain*. Thèse de doctorat. Université de Montréal.
- Giampreti, A., Lampati, L., Chidini, G., Rocchi, L., Rolandi, L., Lonati, D., Petrolini, V.M., Vecchio, S., Locatelli, C.A. et Manzo, L. (2013). Recurrent tonic-clonic seizures and coma due to ingestion of Type I pyrethroids in a 19-month-old patient. *Clinical toxicology*, 51(6), 497-500.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) (2013). Résumé à l'intention des décideurs, Changements climatiques 2013 : les éléments scientifiques. Contribution du groupe de travail I au cinquième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [sous la direction de Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. et Midgley, P.M.]. Cambridge university press, Cambridge, Royaume-Uni et New York (État de New York), États-Unis d'Amérique.
- Ghosh, A., Chowdhury, N. et Chandra, G. (2012). Plant extracts as potential mosquito larvicides. *Indian journal medical research*, 135(5), 581-598.
- Goodman, C.A., Coleman, P.G. et Mills, A.J. (1999). Cost-effectiveness of malaria control in sub-Saharan Africa. *Lancet*, 354(9176), 378-385.
- Han, Y., Xia, Y., Han, J., Zhou, J., Wang, S., Zhu, P., Zhao, R., Jin, N., Song, L. et Wang, X. (2008). The relationship of 3-PBA pyrethroids metabolite and male reproductive hormones among non-occupational exposure males. *Chemosphere*, 72(5), 785-790.

- Harbach, R.E. (2004). The classification of genus *Anopheles* (Diptera: Culicidae): a working hypothesis of phylogenetic relationships. *Bulletin of Entomological Research*, 94, 537-553.
- Herrera-Varela, M., Lindh, J., Lindsay, S.W. et Fillinger, U. (2014). Habitat discrimination by gravid *Anopheles gambiae* s.l., a push-pull system. *Malaria journal*, 13(133), non paginé.
- Hossain, M.M. et Jason, R.R. (2011). Mechanism of pyrethroid pesticide-induced apoptosis: role of calpain and the ER stress pathway. *Toxicological sciences*, 122(2), 512-525.
- Horton, M.K., Jacobson, J.B., McKelvey, W., Holmes, D., Fincher, B., Quantano, A., Diaz, B.P., Shabbazz, F., Shepard, P., Rundle, A., Whyatt, R.M. (2011). Characterization of residential pest control products used in inner city communities in New York City. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 21(3), 291-301.
- Institut National de la Statistique et de la Démographie (INSD) (2010). *Analyse de quelques résultats des données de la phase principale de l'enquête intégrale sur les conditions de vie des ménages EICVM 2009*, Ouagadougou, Burkina Faso.
- Institut National de la Statistique et de la Démographie (INSD) (2013). *Annuaire statistique 2012*. Ouagadougou, Burkina Faso : auteur.
- Institut National de la Statistique et de la Démographie (INSD) (2014). *Tableau de bord de la gouvernance 2014*. Projet ARC-SSN, Union Européenne, Ouagadougou, Burkina Faso.
- Institut National de la Statistique et de la Démographie (INSD) et ICF International (2012). *Enquête démographique et de santé et à indicateurs multiples du Burkina Faso 2010*. Calverton, Maryland, USA : INSD et ICF International.
- Institut National de la Statistique et de la Démographie, Programme national de lutte contre le paludisme et ICF International (2015). *Enquête sur les indicateurs du Paludisme (EIPBF) 2014*. Calverton, Maryland, USA : INSD, PNLP et ICF International.
- Jaga, K. et Dharmani, C. (2005). The epidemiology of pesticide exposure and cancer: a review. *Reviews on environmental health*, 20(1), 15-38.
- Ji, G., Xia, Y., Gu, A., Shi, X., Long, Y., Song, L., Wang, S. et Wang, X. (2011). Effects of non-occupational environmental exposure to pyrethroids on semen

- quality and sperm DNA integrity in chinese men. *Reproductive toxicology*, 31(2), 171-176.
- Julien, R., Adamkiewicz, G., Levy, J.I., Bennett, D., Nishioka, M. et Spengler, J.D. (2008). Pesticide loadings of select organophosphate and pyrethroid pesticides in urban public housing. *Journal of exposure science and environmental epidemiology*, 18(2), 167-174.
- Kamareddine, L. (2012). The biological control of the malaria vector. *Toxins*, 4(9), 748-767.
- Kampango, A., Bragança, M., De Sousa, B. et Charlwood, D.J. (2013). Netting barriers to prevent mosquito entry into houses in southern Mozambique: a pilot study. *Malaria journal*, 12(99), non paginé.
- Kant, R., Haq, S., Srivastava, H.C. et Sharma, V.P. (2013). Review of the bioenvironmental methods for malaria control with special reference to the use of larvivorous fishes and composite fish culture in central Gujarat, India. *Journal of vector borne diseases*, 50(1), 1-12.
- Keiser, J., Singer, B.H. et Utzinger, J. (2005). Reducing the burden of malaria in different eco-epidemiological settings with environmental management: a systematic review. *Lancet Infectious Diseases*, 5(11), 695-708.
- Koffi, A.A., Alou, L.P.A., Adja, M.A., Chandre, F. et Pennetier, C. (2013). Insecticide resistance status of *Anopheles gambiae* s.s. population from M'Bé: a WHOPES labelled experimental hut station, 10 years after the political crisis in Côte d'Ivoire. *Malaria journal*, 12(151), non paginé.
- Koné, B., Doumbia, M., Sy, I., Dongo, K., Agbo-Houenou, Y., Houenou, P.-V., Fayomi, B., Bonfoh, B., Tanner, M. et Cissé, G. (2014). Étude des diarrhées en milieu périurbain à Abidjan par l'approche écosanté. *Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement*, Hors-série 19. Récupéré de <http://vertigo.revues.org/14976>, DOI : 10.4000/vertigo.14976
- Koudou, B.G., Adja, A.M., Matthys, B., Doumbia, M., Cissé, G., Koné, M., Tanner, M. et Utzinger, J. (2007). Pratiques agricoles et transmission du paludisme dans deux zones écoépidémiologiques au centre de la Côte d'Ivoire. *Bulletin de la société de pathologie exotique*, 100(2), 124-126.
- Koureas, M., Tsakalof, A., Tsatsakis, A. et Hadjichristodoulou, C. (2012). Systematic review of biomonitoring studies to determine the association between exposure to

- organophosphorus and pyrethroid insecticides and human health outcomes. *Toxicology letters*, 210(2), 155-168.
- Lacroix, R., Mukabana, W.R., Gouagna, L.C. et Koella, J.C. (2005). Malaria infection increases attractiveness of humans to mosquitoes. *PLoS Biology*, 3(9), 1590-1593.
- Lang, D.J., Wiek, A., Bergmann, M., Stauffacher, M., Martens, P., Moll, P., Swilling, M. et Thomas, C.J. (2012). Transdisciplinary research in sustainability science: practice, principles, and challenges. *Sustainability science*, 7(1), 25-43.
- Lebel, J. (2003). La santé : une approche écosystémique. Centre de recherches pour le développement international (CRDI) : Ottawa, Canada. Récupéré de <http://www.idrc.ca/FR/Resources/Publications/Pages/IDRCBookDetails.aspx?PublicationID=332>
- Lengeler, C. (2004). Insecticide-treated bed nets and curtains for preventing malaria. *Cochrane Database Systematic Review*, 19(2), CD000363.
- Li, T., Yang, Z. et Wang, M. (2013). Temperature, relative humidity and sunshine may be the effective predictors for occurrence of malaria in Guangzhou, southern China, 2006-2012. *Parasit Vectors*, 6, 155.
- Lin, H.M., Gerrard, J.A. et Shaw, I.C. (2005). Stability of the insecticide cypermethrin during tomato processing and implications for endocrine activity. *Food additives and contaminants*, 22(1), 15-22.
- Lindsay, S.W., Ansell, J., Selman, C., Cox, V., Hamilton, K. et Walvaren, G.E.L. (2000). Effect of pregnancy on exposure to malaria mosquitoes. *Lancet*, 355(9219), 1972.
- Loll, D.K., Berthe, S., Faye, S.L., Wone, I., Koenker, H., Arnold, B. et Weber, R. (2013). User-determined end of net life in Senegal: a qualitative assessment of decision-making related to the retirement of expired nets. *Malaria journal*, 12(337), non paginé.
- Magby, J.P. et Richardson, J.R. (2015). Role of calcium and calpain in the downregulation of voltage-gated sodium channel expression by the pyrethroid pesticide deltamethrin. *Journal of biochemical and molecular toxicology*, 29(3), 129-134.

- Mangochi, P. (2010). Endocrine disrupting chemicals and human health: the plausibility of research results on DDT and reproductive health. *Malawi medicine journal*, 22(2), 42-45.
- Meacham, C.A., Brodfuehrer, P.D., Watkins, J.A. et Shafer, T.J. (2008). Developmentally-regulated sodium channel subunits are differentially sensitive to alpha-cyano containing pyrethroids. *Toxicology and apply pharmacology journal*, 231, 273-281.
- McKinlay, R., Plant, J.A., Bell, J.N.B. et Voulvoulis, N. (2008). Endocrine disrupting pesticides: implications for risk assessment. *Environment international*, 34(2), 168-183.
- Meeker, J.D., Barr, D.B. et Hauser, R. (2008). Human semen quality and sperm DNA damage in relation to urinary metabolites of pyrethroid insecticides. *Human reproductive*, 23(8), 1932-1940.
- Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques (2004). *Politique nationale de développement durable de l'agriculture irriguée : stratégie, plan d'action et plan d'investissement, horizon 2015 (PNDDAI)*. Burkina Faso : Ouagadougou.
- Ministère de la Santé (2005). *Annuaire statistique de la santé 2004*. Ouagadougou, Burkina Faso : Direction des études et de la planification.
- Ministère de la Santé (2006). *Annuaire statistique de la santé 2005 : synthèse*. Ouagadougou, Burkina Faso : Direction des études et de la planification.
- Ministère de la Santé (2007a). *Annuaire statistique de la santé 2006*. Ouagadougou, Burkina Faso : Direction des études et de la planification.
- Ministère de la Santé (2007b). *Plan stratégique de lutte contre le paludisme 2006-2010* (Version révisée). Ouagadougou, Burkina Faso : Programme national de lutte contre le paludisme.
- Ministère de la Santé (2008). *Annuaire statistique de la santé 2007*. Ouagadougou, Burkina Faso : Direction des études et de la planification.
- Ministère de la Santé (2009). *Annuaire statistique de la santé 2008*. Ouagadougou, Burkina Faso : Direction générale de l'information et des statistiques sanitaires.
- Ministère de la Santé (2010). *Annuaire statistique de la santé 2009*. Ouagadougou, Burkina Faso : Direction générale de l'information et des statistiques sanitaires.

- Ministère de la Santé (2011a). *Annuaire statistique de la santé 2010*. Ouagadougou, Burkina Faso : Direction générale de l'information et des statistiques sanitaires.
- Ministère de la Santé (2011b). *Plan stratégique de lutte contre le paludisme 2011-2015*. Ouagadougou, Burkina Faso : Programme national de lutte contre le paludisme.
- Ministère de la Santé (2011c). *Rapport général de la campagne nationale de distribution universelle de MILDA au Burkina Faso 2010-2011*. Ouagadougou, Burkina Faso : Commission ministérielle d'organisation.
- Ministère de la Santé (2012). *Annuaire statistique de la santé 2011*. Ouagadougou, Burkina Faso : Direction générale de l'information et des statistiques sanitaires.
- Ministère de la Santé (2013). *Annuaire statistique de la santé 2012*. Ouagadougou, Burkina Faso : Direction générale de l'information et des statistiques sanitaires.
- Ministère de la Santé (2014). *Annuaire statistique de la santé 2013*. Ouagadougou, Burkina Faso : Direction générale des études et des statistiques sectorielles.
- Ministère de la santé et des services sociaux du Québec (2012). *La santé et ses déterminants : mieux comprendre pour mieux agir*. Québec : Jobin, L. (dir.).
- Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie (MECV) (2008). *Profil national du Burkina Faso pour la gestion des substances chimiques*. Ouagadougou, Burkina Faso : Direction générale de l'amélioration du cadre de vie.
- Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie (MECV) (2007). *Programme d'action national d'adaptation à la variabilité et aux changements climatiques (PANA) du Burkina Faso*. Ouagadougou, Burkina Faso : Secrétariat permanent du conseil national pour l'environnement et le développement durable.
- Montosi, E., Manzoni, S., Porporato, A. et Montanari, A. (2012). An ecohydrological model of malaria outbreaks. *Hydrology and earth system sciences*, 16, 2759-2769.
- Morgan, M.K. (2012). Children's exposures to pyrethroid insecticides at home: a review of data collected in published exposure measurement studies conducted in the United States. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 9(8), 2964–2985.
- Moser, V.C., Padilla, S., Simmons, J.E., Haber, T.L. et Hertzberg, R.C. (2012). Impact of chemical proportions on the acute neurotoxicity of a mixture of seven carbamates in preweanling and adult rats. *Toxicological sciences*, 129(1), 126-134.

- Molineaux, L. (1997). Malaria and mortality: some epidemiological considerations. *Annals of tropical medicine and parasitology*, 91(7), 811-825.
- Muller, G.C. *et al.* (2010). Field experiments of *Anopheles gambiae* attraction to local fruits/seedpods and flowering plants in Mali to optimize strategies for malaria vector control in Africa using attractive toxic sugar bait methods. *Malaria journal*, 9(262), non paginé.
- Nalbone, G., Cicoella, A. et Laot-Cabon, S. (2013). Perturbateurs endocriniens et maladies métaboliques : un défi majeur en santé publique. *Santé publique*, 25(1), 45-49.
- Namountougou, M., Diabaté, A., Etang, J., Bass, C., Sawadogo, S.P., Gnankinié, O., Baldet, T., Martin, T., Chandre, F., Simard, F. et Dabiré, R.K. (2013). First report of the L 1014 S kdr mutation in wild populations of *Anopheles gambiae* M and S molecular forms in Burkina Faso (West Africa). *Acta tropica*, 125(2), 123-127.
- Nath, D.C. et Mwchahary D.D. (2013). Association between climatic variables and malaria incidence: a study in Kokrajhar district of Assam, India. *Global journal of health science*, 5(1), 90-106.
- Ngoula, F., Watcho, P., Dongmo, M-C., Kenfack, A., Kamtchouing, P. et Tchoumboué, J. (2007). Effects of pirimiphos-methyl (an organophosphate insecticide) on the fertility of adult male rats. *African health Sciences*, 7(1), 3-9.
- Okumu, F.O., Govella, N.J., Moore, S.J., Chitnis, N. et Killeen, G.F. (2010). Potential benefits, limitations and target product-profiles of odor-baited mosquito traps for malaria control in Africa. *PLoS One*, 5(7), e11573.
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (1998). Glossaire de la promotion de la santé. Genève : OMS, 7 p.
- Organisation Mondiale de la Santé (2006). *Paludisme, lutte antivectorielle et protection individuelle. Rapport d'un groupe d'études de l'OMS*. Genève : OMS.
- Organisation Mondiale de la Santé (2008). *Combler le fossé en une génération : instaurer l'équité en santé en agissant sur les déterminants sociaux de la santé*. Genève : Commission des déterminants sociaux de la santé.
- Organisation Mondiale de la Santé (2014a). *Projet de stratégie technique mondiale contre le paludisme 2016-2030*. Genève : OMS.

Organisation Mondiale de la Santé (2014b). *Rapport 2014 sur le paludisme dans le monde*. Genève : OMS.

Organisation Mondiale de la Santé (2015). *Rapport 2015 sur le paludisme dans le monde*. Genève : OMS.

Ondo, Z.A.N., Alibert, P., Dousset, S., Savadogo, P.W., Savadogo, M. et Sedogo, M. (2011). Insecticide residues in cotton soils of Burkina Faso and effects of insecticides on fluctuating asymmetry in honey bees (*Apis mellifera linnaeus*). *Chemosphere*, 83(4), 585-592.

Onwujekwe, O., Obikeze, E., Uzochukwu, B., Okoronkwo, I. et Onwujekwe, O.C. (2010). Improving quality of malaria treatment services: assessing inequities in consumers' perceptions and providers behaviour in Nigeria. *International journal for equity in health*, 9(22), non paginé.

Paaijmans, K.P., Blanford, S., Chan, B.H.K et Thomas, M.B. (2012). Warmer temperatures reduce the vectorial capacity of malaria mosquitoes. *Biology letters*, 8(3), 465-468.

Paaijmans, K. P., Blanford, S., Bell, A.S., Blanford, J.I., Read, A.F. et Thomas, M.B. (2010). Influence of climate on malaria transmission depends on daily temperature variation. *Proceedings of the national academy of sciences U S A*, 107(34), 15135-15139.

Pages, F., Orlandi-Pradines, E. et Corbel, V. (2007). Vecteurs du paludisme : biologie, diversité, contrôle et protection individuelle. *Médecine et maladies infectieuses*, 37(3), 153-161.

PAN Germany et PAN Africa (2013). *Lutter contre le Paludisme sans DDT : une approche écosystémique et communautaire à Beer, Sénégal : un projet pilote pour sensibiliser sur les causes du paludisme et initier des méthodes et des activités non chimiques pour sa prévention*. Dakar/Hambourg : Pesticide Action Network (PAN). Récupéré de http://www.pan-germany.org/download/ddt/lutter_contrele_paludisme_sans_ddt_a_beer.pdf

PAN Germany (2010). *Environmental strategies to replace DDT and control malaria, 2nd extended edition*. Hambourg : Pesticide Action Network (PAN). Récupéré de http://www.pan-germany.org/download/ddt/ddt_alternatives_2_edition.pdf

- PAN Germany (2009). *DDT and the Stockholm Convention States on the edge of non-compliance*. Hambourg : PAN Germany. Récupéré de [http://www.pan-germany.org/download/ddt/PAN G DDT study EN.pdf](http://www.pan-germany.org/download/ddt/PAN_G_DDT_study_EN.pdf)
- Pascual, M., Ahumada, J.A., Chaves, L.F., Rodo, X. et Bouma, M. (2006). Malaria resurgence in the east african highlands: temperature trends revisited. *Proceedings of the national academy of sciences U S A*, 103(15), 5829-5834.
- Patz, J. A., et Olson, S.H. (2006). Malaria risk and temperature: influences from global climate change and local land use practices. *Proceedings of the national academy of sciences U S A*, 103(15), 5635-5636.
- Power, L.E. et Sudakin, D.L. (2007). Pyrethrin and pyrethroid exposures in the United States: a longitudinal analysis of incidents reported to poison centers. *Journal of medical toxicology*, 3(3), 94-99.
- Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) (2013). *Rapport des Nations Unies, Indice du développement humain*. New York: NY.
- Pruss-Ustun, A. et Corvalan, C. (2007). How much disease burden can be prevented by environmental interventions? *Epidemiology*, 18(1), 167-178.
- Qunhua, L., Xin, K., Changzhi, C., Shengzheng, F., Yan, L., Rongzhi, H., Zhihua, Z., Gibson, G. et Wenmin, K. (2004). New irrigation methods sustain malaria control in Sichuan province, China. *Acta Tropica*, 89(2), 241-247.
- Ramanantsoa, A., Rahenintsoa, R., Hoibak, S., Ranaivoharimina, H., Rahelimalala, M.D., Rakotomanga, A., Finlay, A., Ribera, J.M., Hausmann-Muela, S., Toomer, E., et Grietens, K.P. (2012). Can the recycling of LLIN reduce their coverage and use? Social, cultural and ethical aspects of LLIN life cycle management: exploratory qualitative data from Madagascar. *Malaria journal*, 11(1), 77.
- Ranson, H., N'guessan, R., Lines, J., Moiroux, N., Nkuni, Z. et Corbel, V. (2011). Pyrethroid resistance in african anopheline mosquitoes: what are the implications for malaria control? *Trends in Parasitology*, 27(2), 91-98.
- Rasmussen, J.J., Wiberg-Larsen, P., Kristensen, E.A., Cedergreen, N. et Friberg, N. (2013). Pyrethroid effects on freshwater invertebrates: a meta-analysis of pulse exposures. *Environmental pollution*, 182, 479-485.
- Roll Back Malaria (RBM) et Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) (2013). *Cadre d'action multisectorielle de lutte contre le paludisme*. Genève : RBM et PNUD.

- Roll Back Malaria (2008). *Plan d'action mondial contre le paludisme, pour un monde sans paludisme*. Genève: RBM.
- Reiter, P. (2008). Global warming and malaria: knowing the horse before hitching the cart. *Malaria journal*, 7(1), s3.
- Riehle, M.M., Guelbeogo, W.M., Gneme, A., Eiglmeier, K., Holm, I., Bischoff, E., Garnier, T., Snyder, G.M., Li, X., Markianos, K., Sagnon, N. et Vernick, K.D. (2011). A cryptic subgroup of *Anopheles gambiae* is highly susceptible to human malaria parasites. *Science*, 331(6017), 596-598.
- Richardson, J.R., Taylor, M.M., Shalat, S.L., Guillot 3rd, T.S., Caudle, W.M., Hossain, M. M., Mathews, T.A., Jones, S.R., Cory-Slechta, D.A. et Miller, G.W. (2015). Developmental pesticide exposure reproduces features of attention deficit hyperactivity disorder. *FASEB Journal*, 29(5), 1960-1972.
- Ridde, V., Queuille, L., Atchessi, N., Samb, O., Heinmüller, R et Haddad, S. (2012). The evaluation of an experiment in healthcare user fees exemption for vulnerable groups in Burkina Faso. *Fields actions science reports, special issue*, 8, non paginé.
- Sachs, J. et Malaney, P. (2002). The economic and social burden of malaria. *Nature*, 415(6872), 680-685.
- Samadoulougou, S., Maheu-Giroux, M., Kirakoya-Samadoulougou, F., De Keukeleire, M., Castro, M.C. et Robert, A. (2014). Multilevel and geo-statistical modeling of malaria risk in children of Burkina Faso. *Parasit Vectors*, 7(1), 350.
- Sanni, Y.H. et Zé, A. (2013). *Le fardeau socioéconomique du paludisme en Afrique : une analyse économétrique*. Presses Universitaires de Laval : Québec, 215 p.
- Shafer, T.J., Rijal, S.O. et Gross, G.W. (2008). Complete inhibition of spontaneous activity in neuronal networks in vitro by deltamethrin and permethrin. *Neurotoxicology*, 29(2), 203-212.
- Sia, D., Fournier, P. et Sondo, B.K. (2011). Cultures locales de vaccination : le rôle central des agents de santé en milieu rural au Burkina Faso. *Global health promotion*, 18(2), 68-80.
- Soderlund, D.M. (2012). Molecular mechanisms of pyrethroid insecticide neurotoxicity: recent advances. *Archives of toxicology*, 86(3), 165-181.

- Sy, I., Keita, M., Traoré, D., Koné, B., Bâ, K., Wedadi, O.-B., Fayomi, B., Bonfoh, B., Tanner, M. et Cissé, G. (2014). Eau, hygiène, assainissement et santé dans les quartiers précaires à Nouakchott (Mauritanie) : contribution à l'approche écosanté à Hay Saken. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Hors-série 19. Récupéré de <http://vertigo.revues.org/14999>, DOI : 10.4000/vertigo.14999
- Tan, J. et Soderlund, D.M. (2010). Divergent actions of the pyrethroid insecticides S bioallethrin, tefluthrin, and deltamethrin on rat Na (v) 1,6 sodium channels. *Toxicology apply and pharmacology journal*, 247(3), 229-237.
- Tayebati, S.K., Di Tullio, M.A., Ricci, A. et Amenta, F. (2009). Influence of dermal exposure to the pyrethroid insecticide deltamethrin on rat brain microanatomy and cholinergic/dopaminergic neurochemistry. *Brain Research*, 1301, 180-188.
- Thomas, M.B., Godfray, H.C.J., Read, A.F., van den Berg, H., Tabahnik, B.E., van Lenteren, J.C., Waage, J.K. et Takken, W. (2012). Lessons from agriculture for sustainable management of malaria vectors. *PLoS Medicine*, 9(7), e1001262.
- Toé, L.P., Skovmand, O., Dabiré, K.R., Diabaté, A., Diallo, Y., Guiguemdé, T.R., Doannio, J.M.C., Akogbeto, M., Baldet, T. et Gruénais, M.-É. (2009). Decreased motivation in the use of insecticide-treated nets in a malaria endemic area in Burkina Faso. *Malaria journal*, 8(175), non paginé.
- Tusting, L.S., Willey, B., Lucas, H., Thompson, J., Kafy, H.T., Smith, R. et Lindsay, S.W. (2013). Socioeconomic development as an intervention against malaria: a systematic review and meta-analysis. *Lancet*, 382(9896), 963-972.
- Ujvry, I. (2010). Pest control agents from natural products. Dans R. Krieger (ed.), *Hayes handbook of pesticide toxicology* (3rd edition). London: Elsevier.
- Uneka, C.J. (2009). Impact of home management of *Plasmodium falciparum* malaria on childhood malaria control in sub-Saharan Africa. *Tropical biomedicine*, 26(2), 182-199.
- van den Broek, H. (2009). Global status of DDT and its alternatives for use in vector control to prevent disease. *Environmental health perspectives*, 117(11), 1656-1663.
- van den Broek, A.H., Habluetzel, A., Diabaté, A., Sanogo-Ilboudo, E., Diallo, D.A., Consens, S.N. et Esposito, F. (1999). Wide-scale installation of insecticide-treated curtains confers high levels of protection against malaria transmission in

- hyperendemic area of Burkina Faso. *Transactions of the royal society of tropical medicine and hygiene*, 93(5), 473-479.
- van Wijngaarden, R.P., Brock, T.C. et Van den Brink, P.J. (2005). Threshold levels for effects of insecticides in freshwater ecosystems: a review. *Ecotoxicology*, 14(3), 355-380.
- Vythilingam, I., Tan, C.H., Matusop, A., Chan, S.T., Lee, K.-S. et Singh, B. (2006). La transmission naturelle du *Plasmodium knowlesi* à l'homme par *latens Anopheles* au Sarawak, en Malaisie. *Transactions of the royal society of tropical medicine and hygiene*, 100(11), 1087-1088.
- Wagner-Schuman, M., Richardson, J.R., Auinger, P., Braun, J.M., Lanphear, B.P., Epstein, J.N., Yolton, K. et Froehlich, T.E. (2015). Association of pyrethroid pesticide exposure with attention-deficit/hyperactivity disorder in a nationally representative sample of U.S. children. *Environmental health*, 14, 44.
- World health Organization (WHO) (2015). *Guidelines for the treatment of malaria, third edition*. Geneva: WHO.
- World Health Organization (2011). *Global insecticide use for vector-borne disease control, a 10-year assessment (2000-2009) (5th edition)*. Geneva: WHO.
- World Health Organization (2005). *The WHO recommended classification of pesticides hazard and guidelines to classification*. Geneva: WHO.
- World Health Organization (1982). *Manual on environmental management for mosquito control with special emphasis on malaria vectors*. Geneva: WHO.
- Wolansky, M.J. et Harrill, J.A. (2008). Neurobehavioral toxicology of pyrethroid insecticides in adult animals: a critical review. *Neurotoxicology and teratology*, 30(2), 55-78.
- Yamamoto, S., Louis, V.R., Sié, A. et Sauerborn, R. (2010). Household risk factors for clinical malaria in a semi-urban area of Burkina Faso: a case-control study. *Transactions of the royal society of tropical medicine and hygiene*, 104(1), 61-65.
- Yamamoto, S., Louis, V.R., Sié, A. et Sauerborn, R. (2009). The effects of zooprophylaxis and other mosquito control measures against malaria in Nouna, Burkina Faso. *Malaria Journal*, 8(283), non paginé.

- Yamana, T.K. et Eltahir, E.A. (2013). Incorporating the effects of humidity in a mechanistic model of *Anopheles gambiae* mosquito population dynamics in the Sahel region of Africa. *Parasit Vectors*, 6, 235.
- Yang, Y., Ma, H., Zhou, J., Liu, J. et Liu, W. (2014). Joint toxicity of permethrin and cypermethrin at sublethal concentrations to the embryo-larval zebrafish. *Chemosphere*, 96, 146-154.
- Yasuoka, J., Levine, R.T., Mangione, T.M. et Spielman, A. (2006). Community-based rice ecosystem management for suppressing vector anophelines in Sri Lanka. *Transactions of the royal society of tropical medicine and hygiene*, 100(11), 995-1006.
- Zelman, B., Kiszewski, A., Cotter, C. et Liu, J. (2014). Costs of eliminating malaria and the impacts of the global fund in 34 countries. *PLoS One*, 9(12), e 115714.